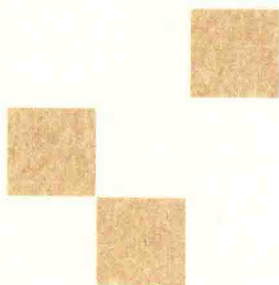


基于网络理论的 银行业系统性风险研究

李守伟 何建敏 隋 新 尹群耀 著



科学出版社

基于网络理论的银行业系统性风险研究

李守伟 何建敏 隋 新 尹群耀 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要基于网络理论对银行业系统性风险进行建模,进而进行仿真或实证分析,通过定性与定量相结合对银行业系统性风险进行剖析,挖掘其形成规律和演化特征。全书分为5个部分:第1部分是研究基础,主要介绍研究背景、相关研究现状,并对研究对象进行界定;第2部分从外生网络视角,对银行业系统性风险效应、损失分布及动力学模型进行研究;第3部分从内生网络视角,通过构建内生网络模型研究银行业系统性风险效应;第4部分从实际网络视角,对银行网络稳定性及银行业系统性风险测度进行研究;第5部分是全书的研究总结与展望。

本书可供从事金融学科领域研究的高校教师、研究生、金融监管人员及各类金融机构的决策者和研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

基于网络理论的银行业系统性风险研究/李守伟等著. —北京:科学出版社, 2015

ISBN 978-7-03-046721-8

I. ①基… II. ①李… III. ①银行-风险管理-研究 IV. ①F830.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第303724号

责任编辑:魏如萍 陈 亮/责任校对:彭珍珍

责任印制:霍 兵/封面设计:蓝正设计

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏杰印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年1月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016年1月第一次印刷 印张:16 1/2

字数:352 000

定价:82.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

在经济、金融全球化进程中，现代的金融系统具有的一个显著的特征便是高度关联性。这使得金融风险产生的速度、传染的强度与影响的范围远比传统金融理论预想的大得多，典型的案例便是 2007 年美国次贷危机引发的全球性金融危机。在维护金融系统稳定中，银行业处于特别重要的地位。历来发生的金融危机表明，银行危机通常处于金融危机的核心位置，金融危机可以由银行危机触发，同时银行危机决定了金融危机的深度和广度。因此，保持银行业的稳定是维护金融系统稳定的关键。然而，在银行业中影响及危害最大的是银行业系统性风险，它具有的传染及逐级扩大效应使得单个银行危机演变成整个银行业的危机，进而有可能引发金融危机，甚至引发全球性金融危机。近期的全球性金融危机就充分说明了这点。这次金融危机暴露了对系统性风险监管的缺陷，直接催生了《巴塞尔协议Ⅲ》。以上分析表明，对银行业系统性风险进行系统和深入的研究具备较大的现实意义，也是本书研究的背景和意义所在。

银行体系的高度关联的特征增加了对系统性风险进行分析的难度，网络理论为此提供了一种新的研究思路。针对此，本书主要以网络形成机制的不同为基本出发点，考虑不同类型网络结构，对银行业系统性风险进行理论结合实际的系统研究。本书的主要特点在于：根据网络形成机制的不同，提出了“外生”“内生”“实际”三种不同类型网络的概念；基于三种类型网络结构，通过对银行业系统性风险进行建模，进而进行仿真或实证分析，通过定性与定量相结合对银行业系统性风险进行剖析，揭示其形成规律和演化特征；三种类型网络结构基本概括了目前银行业系统性风险研究中的网络类型，因此本书基于网络理论对银行业系统性风险进行系统和深入的研究。当然，上述分类和模型还不足以完全概括目前的相关研究。因此，后续研究还得继续，进一步的扩展和完善工作还得加强。

本书的主要内容源自何建敏教授和李守伟副研究员分别主持的国家自然科学基金项目“基于复杂网络的银行间传染风险及其演化模型研究”（项目编号：71071034）和“基于计算实验方法的银行系统性风险演化模型研究”（项目编号：71201023），以及项目直接支持培养的博士研究生的研究成果。上述一些研究成果已经发表在 *Complexity*、*Applied Economics Letters*、*Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*、《中国管理科学》《管理工程学报》等国内外一流学术期刊上，并被 *Journal of Economic Dynamics and Control*、《中国管理科学》《系统工程学报》《系统工程理论与实践》等期刊累计引用多次。本书由李守伟副研究员提出总体写

作方案并组织撰稿，主要由何建敏教授、李守伟副研究员、隋新博士和尹群耀博士负责执笔，马钱挺硕士参与了部分章节的修编工作，全书最后由何建敏教授统一审定完成。

在本书的编写过程中，参考了国内外相关文献资料，书后也对应列出了主要的参考文献。本书的出版得到了科学出版社的大力支持，在此表示衷心的感谢！尽管我们做了不少的努力，想奉献给读者一本满意的书，但由于水平有限，书中难免有疏漏或不足之处，恳请读者多提宝贵意见，以便今后进一步修改与完善。

本书得到了国家自然科学基金项目（项目编号：71201023、71071034、71371051）、江苏省社会科学基金项目（项目编号：15GLC003）和东南大学优秀青年教师教学科研资助计划（项目编号：2242015R30021）的资助，在此表示衷心的感谢。

作 者

2015年11月

目 录

第1部分 研究基础

第1章 绪论	3
1.1 研究背景	3
1.2 研究现状	4
1.3 研究内容与结构安排	17
第2章 网络理论基础	19
2.1 网络理论的发展进程	19
2.2 网络拓扑结构测度指标	26
2.3 网络的基本分类	31
2.4 网络演化研究	41
2.5 网络理论的应用分析	43
2.6 本章小结	45
第3章 银行网络结构化	47
3.1 银行网络基本形式	47
3.2 现实银行网络结构	48
3.3 银行网络模型构建与分析	51
3.4 本章小结	74
第4章 银行业系统性风险及其复杂性	76
4.1 银行业系统性风险的概念	76
4.2 银行业系统性风险的复杂性	77
4.3 本章小结	80

第2部分 基于外生网络的银行业系统性风险研究

第5章 基于外生网络的银行业系统性风险效应研究	83
5.1 银行网络结构	83
5.2 银行业系统性风险分析模型	84
5.3 银行业系统性风险效应仿真研究	88
5.4 本章小结	93

第 6 章 基于外生网络的银行业系统性风险损失分布研究	94
6.1 银行业系统性风险损失分布模型构建	94
6.2 银行业系统性风险损失分布仿真研究	97
6.3 本章小结	101
第 7 章 基于外生网络的银行业系统性风险动力学模型研究	103
7.1 相关理论与方法	103
7.2 加权储蓄者网络上的银行挤兑风险传染 SIR 广义模型	111
7.3 加权储蓄者网络上的银行挤兑风险传染 SIHR 模型	122
7.4 本章小结	132
第 8 章 外生网络演化中的银行业系统性风险研究	133
8.1 基于 MDD 方法的储蓄者网络演化中的银行挤兑风险传染研究	133
8.2 基于有效度模型的储蓄者网络演化中的银行挤兑风险传染研究	142
8.3 本章小结	150

第 3 部分 基于内生网络的银行业系统性风险研究

第 9 章 单重内生网络模型构建与分析	155
9.1 单重内生网络模型构建	155
9.2 单重内生网络模型仿真分析	159
9.3 本章小结	165
第 10 章 多重内生网络模型构建与分析	166
10.1 多重内生网络模型构建	166
10.2 多重内生网络模型仿真分析	177
10.3 本章小结	186
第 11 章 基于多重内生网络的银行业系统性风险效应研究	187
11.1 基于多重内生网络的风险传染形成过程	187
11.2 基于多重内生网络的风险传染仿真分析	188
11.3 本章小结	204

第 4 部分 基于实际网络的银行业系统性风险研究

第 12 章 银行实际网络模型构建与分析	209
12.1 银行实际网络模型构建方法	209
12.2 银行实际网络结构特征分析	210
12.3 银行实际网络稳定性分析	214
12.4 本章小结	222

第 13 章 基于实际网络的银行业系统性风险测度研究	223
13.1 基于机构类型的银行业系统性风险测度研究	223
13.2 考虑拆借偏好的银行业系统性风险测度研究	228
13.3 本章小结	233
第 5 部分 总结与展望	
第 14 章 总结与展望	237
14.1 研究总结	237
14.2 研究展望	243
参考文献	244

第1部分 研究基础^①

本部分主要介绍基于网络理论研究银行业系统性风险的基础：第1章介绍研究背景、研究现状和本书主要研究内容与结构安排；第2章介绍网络理论的发展进程、网络拓扑结构测度指标、网络的基本分类、网络演化及网络理论的应用；第3章在介绍银行网络基本形式的基础上，提出了三种银行网络模型构建方法，重现现实银行系统涌现的一些网络结构特征；第4章对银行业系统性风险概念进行界定，从风险源多样性及不确定性、多种传染渠道及其相关性和银行系统结构复杂与演化性三个方面，剖析了银行业系统性风险的复杂性。

^① 本部分的主要内容来自 Li 等 (2010a)、Li 和 He (2012)、李守伟 (2011)、李守伟和何建敏 (2012a)、厉浩等 (2012)。

第1章 绪 论

1.1 研究背景

银行业是现代金融系统的重要组成部分，也是整个经济系统健康稳定运行不可或缺的金融中介。但银行危机时有发生，20世纪80年代以后，无论是美国、日本等发达国家，还是一些发展中国家，均多次发生银行危机并引发金融恐慌，有的甚至造成全球性金融危机。特别是2007年8月以来，席卷美国、欧盟和日本等世界主要金融市场的美国次贷危机对银行业产生了重大的影响，造成了一系列的银行倒闭，如华盛顿互惠银行、哥伦比亚银行信托公司和佛罗里达第一优先银行等，并逐步演变成为一场席卷全球的金融危机，不但对各国的经济增长产生了重大的影响，同时使得世界金融系统的稳定性遭到破坏。银行危机发生会给金融部门乃至整个国民经济带来不利的影响，据 Honohan（2000）推算，从1998年亚洲金融危机爆发之前，发展中国家用于化解银行危机所投入的总成本已经达到2500亿美元，亚洲金融危机国家用于补充银行资本金的成本占到相关国家GDP的10%~60%。而对于2007年美国次贷危机引起的金融危机，仅美国截至2009年3月用于救市的财政方案资金就达到1.66万亿美元，占国内生产总值（gross domestic product, GDP）的12%。而据国际货币基金组织（International Monetary Fund, IMF）预测，2009年全球的经济将实现1.3%的负增长，这是全球经济自第二次世界大战以来的首度萎缩，其中发达国家经济将萎缩3.8%，新兴市场国家与发展中国家的经济增长率也仅为1.6%（张明，2009）。

因此，保持银行业的稳定是维护金融系统稳定的关键。然而，在银行危机中影响及危害最大的是银行业系统性风险，它具有的传染及逐级扩大效应使得单个银行风险演变成整个银行业的危机，进而有可能引发金融危机，甚至引发全球性金融危机。近期的全球性金融危机就充分说明了这点。此次金融危机揭示了对系统性风险监管的缺陷，直接催生了《巴塞尔协议III》。此次金融危机也表明现代银行业经营发展的外部环境已经发生了显著的改变，中国银行业金融机构现行的监管模式已经难以应对现代金融发展的全新的挑战，银行业系统性风险暴露隐患不容忽视（刘明康，2010）。《华尔街日报》2014年7月29日报道称，纽约大学斯特恩商学院波动实验室利用上市中资银行的数据来估算银行股价在六个月内下跌至少40%的情况下需要多少额外资本才能让银行保持偿债能力，分析报告显示，2011~2013年，在发生金融危机的情况下救助中国银行业的成本增加了近三倍，

至 5262 亿美元,超出了救助全球任一国家银行系统的成本。可见,中国银行业暗藏着较大的系统性风险。

相对于发达国家,中国银行在产权制度、投融资制度、银行管理制度等方面存在一定的缺陷,使得我们要更加关注国内银行业系统性风险发生的可能。如何避免系统性风险的发生,并确保金融系统的稳定,一直是金融监管当局重视的问题。此外,中国正经历由发展中国家向发达国家过渡,经济的高速发展和制度的全面变迁必然导致金融风险问题日益突出和复杂。特别是中国正不断推进金融改革,扩大金融对外开放,国内银行与外资银行之间的联系将变得更加紧密,这可能为银行业系统性风险发生提供新的途径。以上分析表明,银行业系统性风险造成的后果非常严重,对金融系统健康发展构成了极大的威胁。因此,研究银行业系统性风险,特别是在当前金融系统复杂形态下显得尤为重要。不仅在学术理论上为研究金融系统性风险奠定一定的基础,而且对系统性风险的监管具有一定的实践指导价值。

1.2 研究现状

随着银行业的快速发展,现代银行系统的一个显著的特征就是银行间具有高度的关联性,高度的关联性来源于银行之间复杂的债权债务关系。现代银行之间的债权债务关系按照形成过程大体可以分为三类(董青马,2008):一是因资金借贷形成的债权债务关系。银行经常会通过货币市场融通资金。通过货币市场交易行为,使准备金不足的银行能够及时借入资金,保持足够流动性;准备金盈余的银行则可以及时放出资金,获得收益,提高闲置资金使用效率。二是因支付清算形成的债权债务关系。社会各部门、各单位或个人之间由商品交易、劳务供应等经济往来所引起的货币收付行为一部分通过现金结算,另一部分通过金融机构划拨转账或票据流通转让收付。通过银行的非现金结算,将客户双方的债权债务关系反映为双方开户行之间的债权债务关系。此外,银行之间相互代理,如国有商业银行代理中小商业银行的资金清算也可以形成债权债务关系。三是因票据转让、提供担保等形式或有债权债务关系。银行签开承兑汇票是以客户交存一定数额的保证金或提供有效抵押质押物为基础的,因银行承兑汇票贴现、转贴现建立的银行之间的债权债务关系,不是由银行之间直接借贷引起的,也不同于汇票、支票结算方式,属于或有债权。

银行间复杂的债权债务关系可以通过银行网络进行刻画,其中银行网络是指以银行为网络的节点,银行间债权债务关系(如银行间借贷、贴现、担保等)为网络节点间的边。根据网络结构形成机制的不同,本书将银行网络分为三种类型:外生网络、内生网络 and 实际网络。其中,外生网络是指银行网络中节点间边是给定的某种结构;内生网络是指银行网络中节点间边是由银行在经营过程中根据实

际需求而形成的；实际网络是指银行网络中节点间边是基于银行业实际数据采用一定方法确定的。

1.2.1 银行网络结构特征研究

目前大量的文献针对不同国家银行网络特征进行了实证研究，如日本、奥地利、英国、德国、匈牙利、意大利、巴西、美国和中国等。对于日本银行系统，Souma 等（2003）对日本经济系统中的网络结构特点进行了研究，该研究中的银行网络节点包含银行和金融公司两种类型，实证分析发现银行网络具有无标度特征，且度分布呈现出两段幂律分布；Inaoka 等（2004）研究的银行网络包括银行、证券公司及其他金融机构，研究表明：该银行网络的累加度分布服从幂律分布，这说明银行网络是具有自相似特征的无标度网络，该研究中建立的银行网络生长模型解释了实证发现的幂律分布是一种自组织临界现象。

Boss 等（2004）分析奥地利银行间市场网络结构时，发现奥地利银行间市场网络的度分布服从双幂律分布，同时该网络具有小世界性质，另外该网络还具有群聚结构和分层（tiered structure）结构特征，这恰好反映了奥地利银行系统按地区和功能划分的特点。类似地，英国和德国的银行系统中也存在分层结构特征（Well, 2004; Upper and Worms, 2004; Craig and Von Peter, 2014）。Becher 等（2008）分析了英国银行间大额支付流的网络结构，研究发现：尽管英国银行数目比美国少，但英国银行间支付网络结构在某些方面与美国的相似，其分层结构的特征意味着不同的风险特征。

Müller（2006）发现瑞士银行间市场是相当稀疏和高度集中的网络，网络密度为 0.03，即所有可能的银行间连接中只有 3% 被利用。两家大银行的交易头寸在银行间市场中占非常大的比重。州银行和地区银行形成了非常清晰的子网络。其中，州银行网络是相当同质的网络；地区银行网络则是非常稀疏和集中的网络。Lublóy（2006）研究发现匈牙利支付系统是个多货币中心的网络结构，支付网络的拓扑结构似乎具有不变性。比利时银行间市场是更典型的多个货币中心结构（Degryse and Nguyen, 2007），比利时银行系统中，四大银行占有银行业资产的 85%，35% 的银行间市场交易发生在四大银行之间，且 90% 的银行间市场交易至少涉及四大银行之一。而 Iori 等（2008）对意大利银行间市场进行研究，研究发现：1999~2002 年意大利银行间市场结构随时间的推移逐年在演化；意大利银行间市场网络结构是随机网络，该网络中主体间资金借贷的偏好性有限，通常不通过中介进行资金的相互拆借；银行间具有高度的异质性，且大银行可能从许多小银行处拆借资金。Fricke 和 Lux（2013）对意大利银行间信贷网络结构进行了研究，发现该网络并不服从幂律分布，负二项分布对网络连接分布拟合最好。银行

间市场网络结构随着时间在演变的现象在巴西银行间市场中也被证实 (Cajueiro and Tabak, 2008), Cajueiro 和 Tabak (2008) 基于复杂网络方法研究巴西银行间市场网络结构特征, 发现巴西银行间市场网络也具有群聚结构, 另外其还具有高度的异质性。对于巴西银行系统, Tabak 等 (2009) 采用最小生成树方法研究了其拓扑结构, 研究发现私有银行和外国银行倾向于形成群聚结构, 同时不同规模的银行更易于形成连接以形成群聚结构。

对于美国银行的网络结构特征, Soramäki 等 (2007) 研究了美国联邦储备系统运作的实时总额清算系统网络的拓扑结构, 研究发现该系统网络具有低的平均最短距离和连通度、高聚集系数, 有一个联系紧密的 25 家银行构成的子网络占有很大比重的交易量, 在很大范围内度分布呈无标度分布。此外, 该网络也是异类匹配的。Bech 和 Atalay (2010) 利用 1999~2006 年的数据分析了美国联邦基金市场隔夜贷款的拓扑结构, 分析结果显示该网络是稀疏的, 具有小世界和异类匹配特征。

而对于中国银行的网络结构特征, 巴曙松等 (2014) 运用复杂网络理论的相关知识, 分别对中国的不同类别银行、不同地区银行的支付网络的拓扑结构做了实证分析, 发现这两个网络不仅体现了小世界网络典型特征——具有较小的平均最短距离及较高的聚集系数, 而且前一个网络的边权分布和后一个网络的节点度分布都服从幂律分布。根据网络图和节点强度, 还得到了银行间支付网络的中心节点。结合对网络拓扑结构的分析, 认为为避免金融传染的爆发和蔓延, 银行监管机构应加强对这些中心节点的监控及危机救助。

上述的研究是通过银行间数据对银行系统的网络结构特征进行分析, 通过上述的实证研究可知银行间复杂关系使得银行系统形成一个复杂网络。有些学者对上述银行系统的一些网络特征形成进行了研究, 如 Inaoka 等 (2004) 构建一个增长模型解释了银行网络幂律分布是自组织临界状态; De Masi 等 (2006) 提出了一个银行网络模型, 分析了意大利银行间市场群聚结构特征的形成; Wan 等 (2006) 提出无向银行网络在理论上揭示了双幂律度分布现象; Teteryatnikova (2009) 在有向随机网络的基础上, 通过假设度负相关或者度服从幂律分布揭示了银行网络分层结构特征; Lux (2015) 通过构建银行间市场演化模型揭示了核心-边缘结构的形成。

1.2.2 基于外生网络的银行业系统性风险研究

1. 基于简单外生网络的研究

早期是基于简单的外生网络结构研究银行业系统性风险的, 其中 Allen 和 Gale (2000) 进行了开创性的研究。Allen 和 Gale (2000) 指出, 若整个银行系统不存

在总流动性短缺,当银行间市场结构是完全市场时,一个银行初始的流动性冲击的影响可以减弱,该银行系统可以实现最优风险分担。当银行间市场结构是不完全市场时,该系统也可以实现最优风险分担,但在面临流动性冲击时表现得更脆弱,更容易发生风险传染。随后,该类研究主要有以下相关研究。Freixas 等(2000)研究发现,具有货币中心的分层银行系统更易于发生风险传染,其中银行只与中心银行连接,而相互间不进行连接。Cassar 和 Duffy(2001)在分别假定银行结构为局部网络和全局网络的条件下,研究发现当银行间为局部连接时,银行风险传播的速度比较慢,银行间的流动性严重不足;当银行间为全局连接时,银行风险传播的速度比较快,银行间的流动性短缺并不突出。Aleksiejuk 和 Holyst(2001)在假定银行间为二维有向网络下,研究发现:银行间的存款平均集中度 p 存在一个临界阈值,也就是在二维有向网络中,每个银行几乎都与相邻的银行相连接。在该临界阈值处,单个银行失败时银行系统中有 l 个银行产生失败的概率服从幂律分布。Aleksiejuk 等(2002)进一步在假定银行间为二维网络、三维网络和四维网络的基础上研究了银行失败时传染持续时间和传染程度之间的关系,研究表明在二维网络和四维网络中,银行失败时传染持续时间和传染程度之间分别呈现指数衰减分布和幂律分布;在三维网络中,银行失败时传染持续时间和传染程度之间的关系呈现从指数衰减分布到幂律分布的连续变化。Acemoglu 等(2013)在环形金融网络和完全金融网络的基础上,研究网络结构与系统性风险的关系,研究结果表明风险传染具有相变特征:当冲击小于某个门限值,影响的金融机构比较少,银行间连接的增加会增强金融系统的稳定性;但是当冲击一旦超过门限值,金融连接就会成为风险传染的途径,导致系统更加脆弱。

2. 基于复杂外生网络的研究

基于简单的外生网络结构研究银行业系统性风险提供了全新的研究视角,但是该类网络结构的假设是比较简单的,与实证研究的现实银行系统的网络结构存在明显的差异。针对不同的国家银行网络结构的实证研究表明,银行系统具有复杂网络结构特征。因此,大量的学者基于复杂外生网络结构展开对银行业系统性风险的研究。

基于随机网络对银行业系统性风险进行研究的主要有: Iori 和 Jafarey(2001)研究了银行初始规模为同质和异质时风险传染特征的差异,其中假定两个银行之间是否有信用连接由服从均匀分布的概率参数 c 控制,即银行网络是随机网络。研究发现:当银行初始规模均同质时,银行失败规模随着市场集中度的降低而减小。特别地,当 $c=1$ 时,此时风险传染几乎不可能发生。当银行初始规模均异质时,银行失败规模与市场集中度的变化没有一致性。当 $c<0.5$ 时,银行失败规模随着市场集中度的降低而减小;当 $c>0.5$ 时,银行失败规模随着市场集中度的降

低而增大。Iori 等（2006）基于随机网络模拟分析了银行间借贷，研究发现：在银行同质情况下，银行间市场对银行系统起到稳定的作用；当银行为异质时，银行间传染效应可能发生，银行间市场稳定作用仍然存在但比较模糊不定。Nier 等（2007）在假定银行网络为随机网络的基础上研究风险传染，研究发现：银行随机网络集中度对风险传染的影响不是单调的，最初集中度一小部分的增加导致传染效应的增加，但是在集中度超过一个阈值之后就提高了银行系统吸收冲击的能力；具有较好资本的银行最易抵制风险传染，但是这种效果是非线性的；银行间的债务规模增加了银行违约风险，即使银行持有资本防范这些风险暴露；集中的银行系统更易遭受系统性风险。另外，研究还发现在一些情况下流动性需求比资产缓冲对抵制风险传染更有效，当剩余需求曲线是完全无弹性时，甚至大量资本缓冲可能不足以防止风险传染，因为销售价格造成市场下跌的影响将会非常高。另外，Georg 和 Poschmann（2010）同样基于随机网络研究了银行间风险传染效应，研究指出一般的冲击对风险传染效应不是次要的，对系统性稳定是一个严重威胁。

万阳松（2007）在无标度银行间市场网络的基础上对银行主体行为（如银行间资产比例、银行资产净值比例、违约损失率等）与风险传染之间的关系进行了较深入的研究。该研究中银行主体行为模型的建立过程与 Nier 等（2007）的研究有本质不同，因为在银行主体模型中，引入了流动性资产比例，且银行间信用拆借行为是异质的而非同质的，银行间市场结构可以是具有异质性的网络结构。

从分层网络角度对系统性风险进行研究的主要有：Nier 等（2007）将银行系统中的银行分为大银行和小银行两类，通过不同的连接概率构建了一个简单的具有分层结构的随机网络模型并分析了风险传染；Teteryatnikova（2009）在有向随机网络的基础上，通过假定银行网络度是负相关性的或银行网络度服从幂律分布两种方法构建了具有分层结构的银行网络，研究发现具有分层结构的银行系统有利于抵御系统性冲击。

Gai 等（2008）在银行主体建模时考虑了资产流动性因素，在具有任意结构的金融网络中研究系统的和特殊的冲击、网络结构的变化及资产市场流动性对银行风险传染的影响。研究发现，系统呈现出稳健但脆弱的趋势，如果问题出现，尽管风险传染发生的概率很低，但其后果的影响还是会非常大的。系统在过去对大的冲击的弹性不能为未来风险传染提供可靠的指导。Gai 等（2011）通过构建任意的银行网络结构，研究金融连接的复杂性和集中度如何导致系统性的流动性危机。通过设定银行间市场上流动性银行需满足的条件，揭示了流动性危机传染的临界点特征。并对泊松分布网络和几何分布网络进行仿真分析，仿真结果表明：银行间回购协议融资的保证金提高能加重流动性危机；在随机保证金冲击下，几何分布网络较泊松分布网络稳健，而在目标保证金冲击下，结论相反；复杂性上

升趋向于加重流动性危机；保证金具有顺周期特征，当经济繁荣时，保证金比例会顺周期下降，流动性危机发生的可能性会加大。

对不同网络结构中系统性风险进行比较研究的主要有：Sachs（2010）比较了随机网络和无标度网络中的风险传染效应，研究发现在无标度网络中风险传染更严重。Georg（2011）研究了随机网络、无标度网络和小世界网络对系统性风险的影响的差异，研究结果表明，银行间市场的刀刃特性取决于市场拓扑结构和连通度。高连通度的网络，冲击传播速度更快，一旦达到临界点状态系统的脆弱性会更高。网络拓扑结构在金融危机时非常重要，平均最短距离较长的网络在金融危机时更加稳健。Lenzu 和 Tedeschi（2012）通过构建具有异质金融机构的银行间市场，研究哪种网络结构能使得金融系统面临随机冲击具有更强的稳健性及系统性风险在网络上传播的特征，研究发现在具有异质主体的情况下随机网络结构比无标度网络具有更强的稳健性。隋聪等（2014）建立了完整的度量银行间违约传染及银行业系统性风险的研究框架，在这个框架下研究了不同银行网络结构下银行业系统性风险，研究发现集中度越高的网络，由于传染而倒闭的银行数量越多。但是，当基础违约的银行数量不多时，网络集中度越高，由于传染而倒闭的银行的总资产越少。此外，在集中度高的网络中大银行倒闭引发违约传染的可能性和影响力都会大于集中度低的网络。而小银行引发传染的可能性远低于大银行，但是小银行倒闭达到一定规模时，可以引发大银行传染倒闭。异质的金融网络结构中危机传染效应所引起的系统性风险不同，针对此，石大龙和白雪梅（2015）基于复杂网络理论，研究随机网络、小世界网络和无标度网络这三种金融网络中危机传染对系统性风险的影响。首先，构建有向加权的银行随机网络、小世界网络和无标度网络，并根据网络结构确定网络中每个银行的资产负债表。其次，模拟分析两类随机冲击和两类目标冲击下，不同网络结构中风险传染所引起的系统性风险状况。结果显示：无标度网络面对冲击时的稳定性更高，但当连接最多的银行遭受冲击时，这种网络结构极端脆弱；随机网络面对目标冲击具有最高的稳定性，但面对随机冲击则更加不稳定；金融网络呈现出“稳健而脆弱”的特性。

1.2.3 基于内生网络的银行业系统性风险研究

近年来，一些学者开始构建内生网络模型研究系统性风险，如 Halaj 和 Kok（2013）提出了银行网络的内生形成机制，进而可研究市场参数和管理工具的改变对银行网络结构和风险传染的影响。其中，网络内生形成机制是基于投资组合优化模型，同时平衡收益和交易对手违约风险，并考虑资金多元化的优势。Fique 和 Page（2013）基于内生网络模型研究银行展期风险，研究发现新形成的网络与