

基于复杂网络的 关联信用风险 传染延迟效应研究

李永奎 著

JIYU FUZA WANGLUO DE
GUANLIAN XINYONG FENGXIAN
CHUANRAN YANCHI XIAOYING YANJIU



西南财经大学出版社



基于复杂网络的
**关联信用风险
传染延迟效应研究**

李永奎 著

JIYU FUZA WANGLUO DE
GUANLIAN XINYONG FENGXIAN
CHUANRAN YANCHI XIAOYING YANJIU



西南财经大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基于复杂网络的关联信用风险传染延迟效应研究/李永奎著.
—成都:西南财经大学出版社,2017.6
ISBN 978-7-5504-2985-7

I. ①基… II. ①李… III. ①企业管理—信贷管理—研究—
中国 IV. ①F832.42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 115380 号

基于复杂网络的关联信用风险传染延迟效应研究

李永奎 著

责任编辑:植苗

助理编辑:金欣蕾 唐一丹

封面设计:墨创文化

责任印制:封俊川

出版发行	西南财经大学出版社(四川省成都市光华村街 55 号)
网 址	http://www.bookcj.com
电子邮件	bookcj@foxmail.com
邮政编码	610074
电 话	028-87353785 87352368
照 排	四川胜翔数码印务设计有限公司
印 刷	四川五洲彩印有限责任公司
成品尺寸	148mm × 210mm
印 张	6.125
字 数	160 千字
版 次	2017 年 6 月第 1 版
印 次	2017 年 6 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5504-2985-7
定 价	45.00 元

1. 版权所有,翻印必究。
2. 如有印刷、装订等差错,可向本社营销部调换。

前 言

随着经济全球化和市场经济的深入发展，银行、信托公司、保险公司、担保公司等经济主体，通过股权、担保或互保、关联交易、金融衍生品、供应链关系以及管理层的多重身份等形成错综复杂的信用关联关系。本书称这类由信用关联关系连接的经济主体为关联信用主体；由关联信用主体构成的网络为关联信用主体网络；在关联信用主体网络中，由信用关联关系衍生的信用风险为关联信用风险。由此可知，在关联信用主体网络中，信用关联关系是衍生关联信用风险的根源，而关联信用主体网络是关联信用风险的载体。在关联信用主体网络中，如果其中某个或某些信用主体发生信用违约，必然会殃及与之关联的其他信用主体，从而引发关联信用风险，并导致一系列连锁反应。因此，在关联信用主体网络中，关联信用主体之间的错综复杂的关联关系易引发关联信用风险的传染效应。关联信用风险的传染性使关联信用主体之间形成了关联信用风险链，信用风险通过关联信用风险链的传导，对关联信用主体网络乃至整个金融系统甚至社会经济都可能造成极大的危害。从2007年的次贷危机乃至随后的欧债危机到国内频繁出现的担保危机以及企业集团的破产中不难发现，关联信用风险常常会引发经济危机。

在关联信用主体网络中，由于关联信用主体之间的关联关系错综复杂，因此，关联信用风险的传染系统通常具有复杂性，传染过程存在延迟和免疫效应。事实上，一方面，关联关系使关联信用主体之间具有相依性，关联信用主体成为利益共同体。如果关联信用主体网络中某个或某些信用主体发生信用违约，为避免“惹祸上身”，与之关联的其他信用主体可能对发生信用违约的主体进行救助，这些救助措施可能使关联信用风险在关联信用主体网络中的传染被延迟。另一方面，面对关联信用风险的突发性和不确定性，如果信用主体能够预先判断并迅速采取行动进行自我救治，则可能延迟甚至规避关联信用风险对自身的传染。上述两类常见的救治措施被称为关联信用主体的免疫治理。在免疫治理过程中，如果关联信用风险传染性极强或者关联信用主体的免疫治理策略失误，则可能导致关联信用风险的免疫治理效果不理想，本书将其称为不完全免疫情景。事实上，关联信用风险要达到完全免疫治理的情景是很困难的，而不完全免疫治理情景是常态。虽然不完全免疫治理不能规避关联信用风险的传染，但可以延迟关联信用风险的传染。由此可知，在关联信用主体网络结构下，关联信用风险的传染和演化过程呈现出复杂性和系统性。基于此，本书采用复杂网络的相关理论，针对关联信用主体网络结构和关联信用风险的传染与延迟效应展开研究。

由于资产关联是关联信用主体之间的一种最常见的关联方式，因此，本书仅限于研究关联信用主体之间存在资产关联关系的情景。在关联信用主体网络中，资产关联关系使关联信用主体成为利益的共同体，但同时也是关联信用风险的传染渠道。换言之，资产关联关系既可以拓展关联信用主体的生存和发展空间，但也为其经营埋下了隐患。随着各类经济主体乃至政府之间信用交易的日益频繁，关联信用风险不仅成为市场经济发

展中的重大风险，而且也是信用风险管理领域的新热点。

本书在概述了信用风险的度量模型、信用风险的违约相关性、复杂网络的演化结构理论和复杂网络结构下的传染模型等相关理论，在分析信用风险的度量模型、违约相关性、信用风险传染和复杂网络等研究现状的基础上，提出了关联信用风险的概念，并从多个角度深入探析了关联信用风险的成因，进而探讨了复杂网络结构下的关联信用风险和关联信用风险的传染效应、延迟效应与免疫等。本书的研究将回答以下问题：基于资产关联关系的关联信用风险具有哪些重要特性？关联信用主体之间的资产关联关系能否延迟关联信用风险的传染效应？不完全免疫性如何影响关联信用风险的传染过程并延迟关联信用风险的传染效应？

本书的内容分为四个部分：第一部分（第一章），研究背景、意义和问题的提出；第二部分（第二、三章），基础理论及其文献综述分析；第三部分（第四、五、六、七章），在分析关联信用风险主要特性的基础上，在小世界网络和无标度网络的框架下，探讨分析了关联信用主体为同质化或异质化的情况下，以及考虑关联信用主体的不完全免疫情景下，关联信用风险传染的延迟效应；第四部分（第八章）为研究的总结和展望。

本书的主要研究内容和研究结论如下：

首先，关联信用主体经由资产关联关系构成不同类型的复杂网络结构，并且大量实证研究表明，关联信用主体网络结构具有小世界网络和无标度网络的特征。基于此，本书在小世界网络的框架下，假定关联信用主体具有同质性，利用平均场理论并结合传染病模型，分析了“非健康”关联信用主体的密度与关联信用风险的传染延迟时间及传染概率之间的关系，进而揭示了关联信用风险传染的延迟效应。研究发现，关联信用主体之间的资产关联关系、关联信用主体间的关联数量以及关联

信用风险的传染概率，都会影响关联信用风险传染的延迟效应；如果同时考虑传染延迟和资产关联比两个方面的因素，则可以显著地降低网络中关联信用风险的传染概率。

其次，本书在无标度网络的框架下，研究了在资产关联情景下关联信用主体之间关联信用风险传染的延迟效应。通过建立基于无标度网络的关联信用风险传染 D-SIS 模型，并结合 BA 无标度网络的特性，探讨了关联信用风险传染的均衡状态。研究表明，关联信用主体之间的资产关联关系有助于风险分担，从而延迟了关联信用风险的传染，并且延迟时间越长，关联信用风险的传染强度越强。

最后，本书利用关联信用风险具有的不完全免疫性，并结合平均场理论，在不完全免疫的情景下，构建了关联信用主体之间的关联信用风险传染模型。在此基础上，分析了关联信用主体网络中关联信用风险的传染概率与不完全免疫及资产关联之间的关系，进而揭示了关联信用风险的不完全免疫性对关联信用风险传染延迟效应的影响。研究发现，在免疫失败和免疫失效同时存在时，关联信用主体网络中关联信用风险的传染过程受到明显的影响；有效的免疫治理能够延迟关联信用风险的传染，而无效的免疫治理则会降低关联信用风险传染的延迟效应；关联信用主体之间的资产关联关系和免疫性，都有助于增强关联信用风险传染的延迟效应。

本书的出版得到国家自然科学基金（项目名称：关联信用风险演化结构和传染机理研究。项目编号：71271043）、重庆市教委人文社科项目（项目名称：基于复杂网络的企业间资产关联风险传染研究。项目编号：14SKC03）的资助。本书的研究成果丰富了信用风险的研究领域，有助于银行等金融机构更好地识别和评估企业等经济主体的关联信用风险，并能使之改善自身经营策略和促进其健康快速发展，对维护整个社会经济的平

稳持续健康发展，具有十分重要的学术研究价值和现实意义。

本书的顺利完成离不开主管部门、学界同仁的帮助和支持。衷心感谢我的博士生导师周宗放教授，他的悉心指导让我走进了关联信用风险这一前沿研究领域。西南财经大学出版社的唐一丹等编辑为本书的出版付出了辛勤劳动，谢小凤博士、赖辉博士等也为本书的出版提供了帮助。同时，本书还得到了西南政法大学经济学院的领导和同仁的关心与支持。值此书稿完成和即将出版之际，笔者在此一并表示衷心的感谢。

鉴于笔者的学识和能力所限，本书的错误和疏漏之处在所难免，敬请各位学者、专家和读者提出宝贵意见。

目 录

- 1 绪论 / 1
 - 1.1 研究背景及其意义 / 1
 - 1.2 问题的提出 / 7
 - 1.3 本书的主要研究内容与技术路线 / 11
 - 1.4 本书的主要创新之处 / 14
- 2 相关理论基础 / 16
 - 2.1 信用风险的概念 / 16
 - 2.2 信用风险的度量模型 / 17
 - 2.2.1 传统的信用风险评估方法 / 18
 - 2.2.2 信用风险评估的统计方法 / 19
 - 2.2.3 信用风险评估的非统计方法 / 23
 - 2.2.4 信用风险度量的结构化模型和简约化模型 / 25
 - 2.3 信用风险的违约相关性 / 28
 - 2.3.1 线性相关系数 / 29
 - 2.3.2 Copula 函数 / 30

- 2.4 复杂网络的相关理论 / 33
 - 2.4.1 复杂网络的演化结构理论 / 34
 - 2.4.2 复杂网络结构下的传染模型 / 39
- 2.5 延迟效应和免疫治理的相关理论 / 42
 - 2.5.1 延迟效应 / 43
 - 2.5.2 免疫治理的相关理论 / 43
- 2.6 本章小结 / 47
- 3 国内外相关研究现状 / 48
 - 3.1 信用风险的研究现状 / 48
 - 3.1.1 信用风险的度量模型 / 48
 - 3.1.2 信用风险的违约相关性 / 53
 - 3.1.3 信用风险的传染 / 60
 - 3.2 复杂网络应用的研究现状 / 64
 - 3.2.1 关联主体网络的结构特征 / 65
 - 3.2.2 关联主体网络结构下的风险传染机制 / 70
 - 3.2.3 关联信用主体网络结构下的信用风险传染 / 74
 - 3.3 延迟效应和免疫治理应用的研究现状 / 76
 - 3.3.1 延迟效应应用的研究现状 / 76
 - 3.3.2 免疫治理应用的研究现状 / 77
 - 3.4 本章小结 / 79

4	关联信用风险的主要特性 / 81
4.1	引言 / 81
4.2	关联信用风险的概念 / 82
4.3	关联信用风险的成因 / 85
4.3.1	关联信用主体之间的关联特征 / 86
4.3.2	关联信用主体的资信状况 / 86
4.3.3	关联信用主体各方信息的不对称和不完全 / 87
4.3.4	信用制度建设不完善 / 87
4.3.5	关联信用主体的经营管理不当 / 88
4.3.6	不可控因素的干扰 / 88
4.4	复杂网络结构下的关联信用风险 / 90
4.5	关联信用风险的传染延迟效应 / 92
4.5.1	关联信用风险的传染效应 / 92
4.5.2	关联信用风险的延迟效应 / 96
4.6	关联信用风险的免疫特征 / 100
4.7	本章小结 / 102
5	基于小世界网络的关联信用风险传染延迟效应 / 103
5.1	引言 / 103
5.2	基于小世界网络的关联信用风险传染延迟效应模型 / 106

- 5.2.1 基本假设 / 106
- 5.2.2 模型构建 / 107
- 5.2.3 结果分析 / 108
- 5.3 基于小世界网络的关联信用风险传染延迟效应
可视化分析 / 110
- 5.4 本章小结 / 117
- 6 基于无标度网络的关联信用风险传染延迟
效应 / 118
 - 6.1 引言 / 118
 - 6.2 基于无标度网络的关联信用风险传染延迟效应
模型 / 120
 - 6.2.1 基本假设 / 120
 - 6.2.2 模型构建 / 120
 - 6.3 基于 BA 网络的关联信用风险传染延迟效应模型 / 123
 - 6.3.1 模型构建 / 123
 - 6.3.2 可视化分析 / 126
 - 6.4 本章小结 / 133
- 7 不完全免疫情景下的关联信用风险传染延迟
及仿真 / 134
 - 7.1 引言 / 134
 - 7.2 不完全免疫情景下的关联信用风险传染模型 / 137

7.2.1	基本假设 /	137
7.2.2	模型构建 /	140
7.3	演化仿真及结果分析 /	144
7.3.1	“移出”状态下关联信用主体的密度与传染 概率的关系 /	145
7.3.2	“移出”状态下关联信用主体的密度与“拟免疫” 信用主体密度的关系 /	148
7.4	本章小结 /	150
8	研究总结与展望 /	152
8.1	研究总结 /	152
8.1.1	关联信用风险的主要特性 /	153
8.1.2	基于小世界网络和无标度网络的关联信用风险 传染延迟效应 /	153
8.1.3	不完全免疫情景下的关联信用风险传染延迟 效应 /	154
8.2	研究的不足与展望 /	155
	参考文献 /	158
	后 记 /	182

1 绪论

1.1 研究背景及其意义

现代市场经济就是信用经济，各类经济主体通过信用关系紧密联系在一起，因而构建良好的信用关系是各个经济主体正常运行的基本条件。随着全球经济一体化和我国市场经济深化改革的进一步发展，各类经济主体通过信用关系联系更紧密，不断发展和扩大的信用关系又促进各类经济主体快速发展。同时，信用关系也给各类经济主体带来很大的不确定性，即信用风险通过信用关系加剧了经济的动荡。现阶段我国经济正处于经济增长速度换挡期、结构调整阵痛期、前期刺激政策消化期的“三期叠加”的特定发展阶段，防范和化解金融领域中的各类风险是经济持续增长的重中之重。随着我国经济体制的进一步变革，国有企业和私有企业、国内企业和国外企业、上下游企业等之间的联系变得更加紧密。2014年6月，国务院发布了《社会信用体系建设规划纲要（2014—2020）》，要求全面推进包括政务诚信、商务诚信、社会诚信、司法公信在内的社会信用体系建设。商务诚信已成为实业界和金融机构关注的热点问题，而经济主体的信用风险是商务诚信所面临的主要风险。

在信用经济时代，各信用主体一般是指以盈利为目的，通过有效地组织各种生产要素为社会提供产品或服务的法人或社会经济组织，并且在促进社会经济发展和稳定中起着重要作用。信用关系成为它们相互联系的纽带。信用主体通过股权、担保或互保、关联交易、金融衍生品、供应链关系以及管理层的多重身份等形成错综复杂的信用关联关系。存在信用关联关系的信用主体被称为关联信用主体，由关联信用主体构成的网络被称为关联信用主体网络。比如，企业集团内部的成员企业、供应链上的上下游企业、家族性企业等通过信用关联关系构成的网络结构。

近年来，在全世界范围内金融危机频繁爆发，给全球经济发展带来了非常大的影响。金融危机爆发期间，许多关联信用主体都出现了非常严重的财务问题，不良资产急剧增多严重影响了关联信用主体的正常经营和偿付能力，进而影响与之存在信用关系的关联信用主体资产的流动性，加剧了关联信用主体信用损失的频率和程度，为全球各个信用主体的复苏蒙上一层阴影。由突发的信用风险引起整个关联信用主体网络发生危机的现象在现实经济生活中屡见不鲜。比如，我国20世纪90年代爆发的“三角债”问题给关联企业造成大量损失，严重扰乱了整个社会经济秩序。2007年美国爆发的次贷危机乃至随后爆发的全球金融危机，便是由于信用风险通过多个金融机构之间的复杂关联关系传播和演化，致使如雷曼兄弟公司、美国国际集团等多家著名的金融机构破产或重组，最终导致全球经济市场的混乱。2011年9月，浙江温州中小企业发生的“连环贷”危机，主要源于信用风险经由连环担保类型的资产关联关系，在各种类型企业之间、企业的上下游等快速传染和扩散，导致温州出现大量的“跑路”现象，沉重地打击了温州民营经济的发展。2011年9月，内蒙古鄂尔多斯市的中富房地产公司陷入债

务困境，与其有着债务联系的企业也陷入财务困境或者倒闭，导致整个鄂尔多斯地区房地产业的萧条。2012年年初，浙江天煜建设有限公司破产，引发浙江民营企业之间形成了复杂、盘根错节的互保链危机，致使浙江杭州地区的大量民营企业陷入财务困境或者倒闭。2014年7月，四川汇通信用融资担保有限公司突发的担保危机，让众多银行和债权人惊慌失措，导致四川民间发生金融危机。

这些经济现象表明，一家关联信用主体破产或陷入经营困境，与之直接关联的关联信用主体也可能陷入经营困境或倒闭，甚至可能导致整个地区的经济萧条。也就是说，一家关联信用主体发生信用风险引起与之关联的信用主体的资产重估，使与之关联的信用主体也可能发生违约风险，本书将此类信用风险称为关联信用风险。简而言之，关联信用主体之间的关联信用风险具有传染性。因此，诸多经济现象都是由关联信用风险诱发的更大信用危机。这引起了实业界和理论界对信用风险管理的关注，特别是对关联信用风险管理的高度重视。

由于资产关联是关联信用主体之间的一种最常见的关联方式，因此，本书仅限于研究关联信用主体之间存在资产关联关系的情景。也就是说，关联信用主体之间通过交叉持股、母子公司、担保或互保、金融衍生品等多种资产关联关系紧密相连。它们通过这些关联方式形成一条条信用链条，随着关联信用主体的发展和扩大，其关联关系也会进一步深化，因此便产生了由关联信用主体通过信用链条编织而成的复杂网络结构。

随着现代经济快速发展，关联信用主体构建的网络规模更大，结构更加多样化和复杂化，使得关联信用主体网络结构更加不确定。关联信用主体之间建立的关联关系，使得它们能够相互依存和共谋发展，进而达到合作共赢的效果。但是，如果网络上某个或某些关联信用主体发生风险势必会造成一系列连

锁反应，即使信用良好的关联信用主体也可能受到牵连而遭受损失。据中国人民银行征信中心统计，截至 2014 年年底，中国人民银行征信中心为各类服务对象累计提供 34.43 万个主关联企业查询，涉及关联企业 2 392.26 万个，涉及各项贷款余额 14 262.21 万亿元，表内不良余额 12.1 万亿元^[1]。由此可见，关联信用主体之间的关联关系非常复杂，关联资产也非常庞大，但这也给一些关联信用主体造成巨大的潜在损失。

随着社会分工日益精细化，关联信用主体在整个社会经济中不再是一个孤立的个体，它们之间通过信用关系相互依存，并且信用关联方式错综复杂，形成了一个多样化、多目标、网络化、复杂化的动态系统。该系统中的关联信用主体存在着各种各样的关联关系，关联信用主体之间的关联关系不仅有助于关联信用主体自身的健康发展，同时在信用风险发生时产生风险分担作用^[2]（Allen & Gale, 1998），从而延缓信用风险的进一步扩散。但是，如果系统中产生的信用风险突破某种界限后，关联信用主体间的关联关系也可能加剧信用风险的传染，威胁整个关联信用主体网络系统的稳定性，进而可能使整个关联信用主体网络系统遭受重大损失。

复杂网络是 20 世纪发展起来的学科并得到迅猛发展，许多研究方向都受到许多学者的广泛关注，极大地推动了复杂网络和复杂系统理论和应用的进展^[3-4]。同时，复杂网络现在已应用到经济、管理、政治等人文社会学科中^[5]，成为许多科研人员研究复杂社会网络和经济网络的有力工具，也为探讨社会问题和管理问题提供了一种新的方法与视角。而关联信用主体之间通过关联关系构成的复杂网络结构，具有很多与复杂网络类似的性质。当前全球经济的复杂性和脆弱性，使得关联信用主体之间的关联关系并不是很稳健，若某个或者某些关联信用主体突发信用风险，将可能危及网络中所有关联信用主体，进