



中国经济文库·理论经济学精品系列

易文德◎著

基于Copula理论的 金融风险相依结构模型及应用

JI YU COPULA LILUN DE
JINRONG FENGXIAN XIANGYI JIEGOU
MOXING JI YINGYONG



中国经济出版社
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

教育部人文社会科学基金资助 (NO: 08JA790142)

基于 Copula 理论的金融风险 相依结构模型及应用

易文德 著

 **中国经济出版社**
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

基于 Copula 理论的金融风险相依结构模型及应用/易文德 著

北京: 中国经济出版社, 2011. 5

ISBN 978 - 7 - 5136 - 0568 - 7

I. ①基… II. ①易… III. ①金融市场—风险管理 IV. ①F830. 9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 009263 号

责任编辑 葛 晶

责任审读 霍宏涛

责任印制 张江虹

封面设计 华子图文

出版发行 中国经济出版社

印 刷 者 北京市昌平区新兴胶印厂

经 销 者 各地新华书店

开 本 710mm × 1000mm 1/16

印 张 12

字 数 200 千字

版 次 2011 年 5 月第 1 版

印 次 2011 年 5 月第 1 次

书 号 ISBN 978 - 7 - 5136 - 0568 - 7/F · 8759

定 价 30.00 元

中国经济出版社 网址 www.economyph.com 社址 北京市西城区百万庄北街 3 号 邮编 100037

本版图书如存在印装质量问题, 请与本社发行中心联系调换(联系电话: 010 - 68319116)

版权所有 盗版必究(举报电话: 010 - 68359418 010 - 68319282)

国家版权局反盗版举报中心(举报电话: 12390)

服务热线: 010 - 68344225 88386794

摘 要

相依性研究是金融风险领域中的一个重要问题，组合投资、资产定价、波动的传导和风险管理等问题都涉及相依性研究。本书在考虑金融时间序列波动特点的基础上，建立了几个基于 Copula 理论的模型以研究金融时间序列之间的相依结构，研究了模型参数估计的性质和模型选择等问题，并把 Copula 模型应用于金融时间序列相依结构的研究分析上。



基于Copula理论的金融风险相依结构模型及应用 | 目录

J I Y U C O P U L A L I L U N D E J I N R O N G F E N G X I A N X I A N G Y U J E G O U H O N G X I N G J I Y I N G Y O N G

C • O • N • T • E • N • T • S

摘 要	1
第1章 绪 论	1
1.1 研究的问题与研究的意义	1
1.2 国内外研究现状	2
1.2.1 时间序列的建模研究	2
1.2.2 Copula 理论研究	4
1.2.3 基于 Copula 理论的相依结构模型	5
1.2.4 相关性传统分析方法的不足与缺陷	7
1.2.5 基于 Copula 函数研究相依关系的优越性	8
1.3 本书的研究方法和技术路线	9
1.3.1 本书的研究方法	9
1.3.2 本书的技术路线	10
第2章 Copula 理论及其在金融风险分析中的应用	11
2.1 Copula 函数理论	12
2.1.1 Copula 函数的定义和定理	12
2.1.2 Copula 函数的基本性质	13
2.1.3 几类 Copula 函数	14
2.2 相依结构及一致性相依测度	18
2.2.1 几种重要的一致性测度	18
2.2.2 尾部的几个条件概率和条件期望	22
2.3 Copula 理论在金融风险管理中的应用	26
2.3.1 相关的时间序列分析知识	27
2.3.2 Copula 函数与时间序列模型	28



2.3.3	Copula 函数与风险管理	30
2.4	本章小结	31
第3章 Copula 模型构建方法及参数估计性质		33
3.1	Copula 模型的构建步骤方法	33
3.1.1	边缘分布的确定	33
3.1.2	Copula 函数模型的确定	36
3.2	马尔科夫 (Markov) 时间序列模型及参数估计性质	41
3.2.1	一阶马尔科夫时间序列模型	41
3.2.2	二阶段准极大似然参数估计性质	42
3.3	本章小结	43
第4章 基于 Copula 函数的金融时间序列相依结构模型		45
4.1	基于 Copula 函数二维时间序列相依模型的构建	47
4.2	模型参数的估计及其参数估计的性质	48
4.2.1	模型参数估计的三阶段极大似然方法	48
4.2.2	三阶段准极大似然估计的一致性和近似正态性的 假设条件	50
4.2.3	三阶段准极大似然估计的一致性和近似正态性	51
4.3	三阶段估计的 Copula 模型选择及准参数似然比统计量的 近似性质	58
4.3.1	Copula 模型选择方法	58
4.3.2	参数准似然比统计量 (PPLR) 的近似性质	60
4.4	模型的 Monte - Carlo 模拟	63
4.4.1	模型的 Monte - Carlo 模拟方法	63
4.4.2	模型的 Monte - Carlo 模拟实例	63
4.5	多维时间序列的相依模型	73
4.5.1	多维时间序列相依模型构建	73
4.5.2	多维模型的三阶段准极大似然参数估计	74

4.5.3 多维模型的 Monte - Carlo 模拟方法	75
4.6 模型的应用研究	76
4.6.1 数据及其统计描述	76
4.6.2 边缘分布的确定	77
4.6.3 收益率序列短期条件相依关系	83
4.6.4 收益率序列间的同期相依关系	86
4.6.5 模型的 χ^2 检验和比较	91
4.7 本章小结	93

第5章 基于 Copula 函数模型的股价与交易量相依 结构研究

95

5.1 基于 VAR-Copula 模型的股市价量相依结构研究	97
5.1.1 研究方法	97
5.1.2 Copula 函数模型的估计与检验	99
5.1.3 价量相依结构的实证分析	100
5.1.4 结果分析	116
5.2 基于 ARMA-GARCH-Copula 模型的沪深股市价量 相依结构研究	118
5.2.1 ARMA-GARCH-Copula 模型的建立	118
5.2.2 沪深股市的价量相依结构实证分析	120
5.2.3 结果分析	132
5.3 本章小结	133

第6章 其他几个相依结构模型

135

6.1 基于高阶矩波动和 Copula 函数的相依性模型	135
6.1.1 Copula-NAGARCHSK-M 模型	135
6.1.2 Copula-TARCHSK-M 模型	139
6.2 时间序列向量的同期相依关系 Copula 函数模型	141
6.2.1 时间序列向量相依结构模型的构造方法	141



6.2.2	模型的参数估计	143
6.3	相依结构熵及联合熵的分解	144
6.3.1	相依结构熵的定义和性质	144
6.3.2	多维相依结构熵	148
6.4	基于 Copula-TARCHSK-M 相依性模型的应用	148
6.4.1	数据及其统计描述	148
6.4.2	边缘序列的 TARCHSK-M 模型建立	149
6.4.3	沪深两市指数对数收益率、高阶矩相依结构参数估计	157
6.4.4	模型拟合优度检验	158
6.4.5	结语	159
6.5	本章小结	159
	参考文献	161

第1章

绪论

1.1 研究的问题与研究的意义

经济是国家的命脉。国家的强盛、民族的兴旺,经济发展是基础。尤其是在世界经济一体化趋势日益发展的今天,不同国家、不同民族在政治、经济等方面的竞争异常激烈,经济实力的较量与比拼是一个国家提高综合国力的核心。金融市场能优化社会资源的配置而被称为经济发展的推进器,在整个经济发展中居于十分关键的地位,扮演着重要角色。经济全球化与金融一体化大大增强了全球经济、金融市场间的相互依赖关系,全球金融市场之间的价格协同运动使任何地区的金融市场的局部波动都可能波及其他金融市场,以及传染、放大、演化成全球性的金融危机。一旦金融市场由于某种原因发生重大危机,那么就很可能引起整个国家经济发展出现灾难性后果,同时,这些严重的后果又可能由于传递性而引发更大范围内的经济危机。1997年亚洲金融风暴迅速在东南亚乃至世界上很多国家蔓延;2008年美国的次级债贷款危机演变成世界性金融危机就是明显的例子。

而金融机构为自身的利益规避风险、抢占金融市场、提高竞争力,更是对利益的过份贪婪,展开了名目繁多的金融创新,形成了金融创新浪潮,导致了高风险衍生金融市场的快速扩大,各种衍生产品充斥金融市场的各个方面,只要未来能产生现金流,就能创造对应的衍生产品。创新的衍生金融市场大大增强了金融市场的易变性和动荡的可能性。因为金融创新使债务规模显著扩大,流动性大大增强,国际金融市场的一体化进程显著加快,这增加了金融市场的动荡和不确定性。金融创新只是把风险从一个经济体转移到了另一个经济体上,而对整个经济体系而言,风险只发生转移,而并没



有被消除,风险仍然存在于经济体中。而当风险转移发生拥堵时,创新金融工具的避险功能将不复存在,风险将集中暴发而导致危机。

要对金融市场的风险进行管理和控制,关键要研究与金融市场有关的风险因素,研究风险因素间的相依特性和结构形式以认识评估风险因素。金融资产风险相依性研究一直是金融风险分析中的前沿和难点问题,由于其复杂性和方法、工具不够,相依性的许多问题的研究都建立在理想的假设条件之上,而现实情况中这些条件很难得到满足,致使相依性风险度量有失准确而导致偏差。如要取得突破性进展,引入和发展新的方法和工具是关键,为了适应变化的经济形势,就要研究金融资产之间的相互依赖关系及相关程度,寻找更有效的风险相依性的度量和分析技术,弥补传统风险度量分析技术的一些不足和局限,探索更适合金融资产实际特性的风险分析工具,也为防范风险、指导投资提供理论和实践依据。

研究风险因素的相依关系,选择利用合适的研究工具和度量方法是非常关键的,不合适的工具和方法会导致研究结果的谬误,误导人们对证券市场的管理和投资决策,甚至导致严重的管理和投资风险。大量的理论和实证表明许多金融资产的风险度量分析技术的假设与实际有较大偏差,这就导致了有些分析技术的欠缺和局限性。众多研究结果表明,许多金融资产的收益具有明显的厚尾性(Heavy Tailed),与正态分布假设相差较大;而当市场发生重大波动时,线性相关系数也无法反映出证券市场收益曲线的尾部相关特征。Copula 函数具有许多优良的性质,能够对非线性相关结构的特性进行较好反映,能克服上述传统风险理论的不足,将 Copula 函数引入风险管理,可以更加准确地反映风险因素间的相关结构,从而提高模型预测的准确性。

结合时间序列分析理论建立 Copula 相依模型研究时间序列的相依结构,研究模型的一些数学性质,模型拟合计算和估计方法,模型的检验方法,构筑 Copula 模型的相依关系研究体系。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 时间序列的建模研究

时间序列模型属于动态计量经济学的范畴。通常是运用时间序列的过

去值、当期值及滞后扰动项的加权和建立模型来“解释”时间序列的变化规律。在时间序列模型的发展过程中,一个重要的特征是对统计均衡关系做某种形式的假设,其中一种非常特殊的假设就是平稳性的假设^[1]。一个平衡时间序列能够有效地用其均值、方差和自相关函数来加以描述。传统的时间序列模型只能描述平稳时间序列的变化规律,而大多数经济时间序列都是非平稳的。20世纪80年代初 Granger 提出了协整概念^[2],从而引发非平稳时间序列建模从理论到实践的飞速发展。

平稳时间序列模型有自回归模型 $AR(p)$ (autoregressive models)、移动平均模型 $MA(q)$ (moving average models) 以及自回归移动平均模型 $ARMA(p, q)$ (autoregressive moving average models), 这三个模型只适用于刻画一个平稳序列的自相关性^[1]。而对于非平稳时间序列的传统描述方法:一种是包含一个确定的时间趋势;另一种是设定为单位根过程,通过差分运算,得到具有平稳性的序列。1987年 Engle 和 Granger 提出协整理论及其方法^[2],为非平稳序列的建模提供了另一种途径。一些经济变量本身是非平衡序列,但是它们的线性组合却有可能是平稳序列。时间序列模型的发展过程中,影响最大、具有里程碑意义的工作,是1982年由 Engle 提出刻画时变波动的自回归条件异方差模型 ARCH (autoregressive conditional heteroskedasticity model)^[3],并运用该模型分析了英国通货膨胀指数波动的聚集性;1986年由 Bollerslev 发展成为 GARCH 模型^[4] (generalized ARCH model)——广义自回归条件异方差模型;门限 ARCH (threshold ARCH),即 TARCH 模型 (Zakoian (1990)^[5] 和 Glosten 等 (1993)^[6]);幂 ARCH (power ARCH),即 PARCH (Ding 等 (1993))^[7],还有成分 ARCH 模型等。为了更好地描述经济时间序列的具体特征,GARCH 模型被扩展为许多种形式,如单整 GARCH (integrated GARCH),即 IGARCH 模型 (Engle, Bollerslev (1986))^[8];指数 GARCH (exponential GARCH),即 EGARCH 模型 (Nelson (1991))^[9];分整 GARCH (fractionally integrated GARCH),即 FIGARCH 模型 (Baillie 等 (1996))^[10];我国学者张世英和柯珂 (2002)^[11]提出的分整推广模型 GARCH-M 等。Hamilton 和 Susmel (1994)^[12]结合 Markov 结构转换模型 {MRS 模型 (Hamilton (1989))^[13] 和 ARCH 模型,建立了 MRS-ARCH 模型以辨识波动过程的异常波动点。Bollerslev (1988)^[14]将一元 ARCH 模型推广到多元的情况,提出多元 GARCH 模型,为了保证条件协方



差矩阵的正定性, Engle 等 (1995)^[15] 提出了 BEKK 模型。1990 年 Bollerslev^[16] 提出了常相关的多元 GARCH 模型, 为了研究动态相关, Engle (2002)^[17] 提出了动态条件相关模型 (dynamic conditional correlation, DCC 模型)。

另一类波动模型是由 Clark (1973)^[18]、Tauchen 和 Pitts (1983)^[19]、Taylor (1986)^[20] 等人提出的随机波动模型 (stochastic volatility, SV 模型)。后来在 SV 模型的基础上, Liesenfeld 和 Jung (2000)^[21] 扩展为厚尾 SV 模型, Breidt 等 (1998)^[22] 提出长记忆模型 (long memory stochastic volatility, LMSV 模型), 以及 Harvey 和 Shephard (1996)^[23] 的具有杠杆效应的非对称 SV 模型, 还有把 Markov 转换机制引入到 SV 模型中, So 等 (1998)^[24] 和 Smith (2000)^[25] 提出的 Markov 转换 SV 模型 (Markov switching stochastic volatility, MSSV 模型) 等。

时间序列模型是针对时间序列波动现象的深入认识和现实经济应用研究的需要而提出的, 随着计算技术的发展和数据分析处理能力的提高而日趋完善。作为计量经济学的一个重要研究方向, 时间序列的建模问题将会得到越来越多的关注。

1.2.2 Copula 理论研究

有关 Copula 函数的研究最早出现于 20 世纪 50 年代, 1959 年 Sklar 定理^[26-28] 的提出奠定了 Copula 理论的基础。事实上, 许多重要的结果可以追溯到 1940 年和 1941 年 Hoeffding 的有关工作, 他研究了“标准化分布” (Copula) 的一些基本性质, 并应用这些性质研究非参数的相依测度和相依指标, 如 Spearman 的 τ ; Deheuvels (1979, 1981a, b, c)^[29-32] 用“经验相依函数”, 即样本的经验 Copula, 估计总体的 Copula, 并构造了不同的非参数的独立性检验。Jeo (1997)^[33] 和 Nelson (1999, 2006)^[27,28] 详细系统地介绍了 Copula 函数的有关理论和性质, 并给出了一些阿基米德 Copula 函数的形式和有关的性质。

Copula 函数参数的估计是应用中的一个重要问题。Oakes (1994)^[34]、Genest et al. (1995)^[35] 和 Shih (1995)^[36] 对二元 Copula 函数提出了二阶段极大似然估计方法并建立了估计的一致性和近似正态性, Jeo (1997, 2005)^[33,37] 研究了参数边缘分布和参数 Copula 函数的极大似然估计, 并建立

了极大似然估计参数的近似性质,Chen 和 Fan (2006a, b)^[38,39]研究了半参数二阶段极大似然估计以及参数估计的近似性质,而 Abegaz 和 Naik-Nimbalkar (2007)^[40]研究参数二阶段极大似然估计的近似性质,易文德和廖少毅(2009)^[41]提出了三阶段极大似然估计并研究了参数三阶段极大似然估计的近似性质,还有许多学者如 Anderson (1957)^[42]、Beran(1986)^[43]、Modarres (2002)^[44]、Goncalves (2004)^[45]等都对 Copula 函数及其参数的估计问题作过研究。

Copula 函数模型的拟合优度检验是应用中的另一个重要问题。检验 Copula 函数能否充分地描述变量间的相依结构是至关重要的,这关系到 Copula 函数模型的正确和合理性。Diehoid 等(1998, 1999)^[46,47]建立了基于序列概率积分变换的密度分布模型的评价方法,Klugman 等(1999)^[48]应用 Q-Q 图检验 Copula 函数模型合理性;Hu (2002)^[49]在研究欧美外汇和股票市场的相关关系时引入了 χ^2 检验统计量来评价 Copula 函数的拟合优度;Christoffersen (1998)^[50]、Engle 和 Manganelli (2002)^[17]提出了“Hit”检验方法,2001 年由 Patton^[51,52]将“Hit”检验方法扩展到非线性密度模型的情形,并用于 Copula 函数模型的检验;还有许多学者如 Durrleman 等(2000)^[53]、Dobric 和 Schmid (2005, 2007)^[54,55]、Malevergne 和 Sornette (2003)^[56]、Fermanian (2005)^[57]、Genest 等(2006)^[58]、Cherubini 等(2004)^[59]等提出各种方法研究了 Copula 函数模型的拟合优度检验问题。

在应用中,哪个 Copula 函数更适合描述变量间的相依结构,这是有关 Copula 函数模型的选择问题。White (1982)^[60]提出在模型误设的情况下的极大似然估计方法,Rivers 和 Vuong (2002)研究了非线性动态模型的选择问题,Chen 和 Fan (2004, 2005, 2006b)^[39,61,62]提出了半参数模型选择方法,并研究了似然比统计量的性质,Abegaz 和 Naik-Nimbalkar (2007)^[40]提出了二阶段参数极大似然比统计量的模型选择问题,易文德和廖少毅(2009)^[63]提出了三阶段极大似然比统计量的模型选择方法,Kole 等(2007)^[64]研究了风险管理问题的 Copula 函数模型的选择。

1.2.3 基于 Copula 理论的相依结构模型

Copula 理论创立后,更多的是在数学性质等理论方面的研究,由于计算技术的原因,应用方面的进展比较缓慢。20 世纪末,这项理论才逐渐在各领



域应用,特别是在金融风险管理中的应用得到了人们的重视,并迅速发展且取得了巨大的成果。Embrechts 等(1999, 2001, 2003)^[65-67]把 Copula 理论引入风险管理中并研究了相依风险的 VaR, Boyer (1999)^[68]认为,在建立风险管理模型时仅仅考虑变量间的相关度(Degree of Dependence)是不够的,还必须考虑到变量的相关结构(Dependence Structure),并对 Copula 函数在风险管理中的应用问题进行了探讨;Rockinger (2001)^[69]应用 Copula 函数研究了金融市场的波动传染性;Baur (2003)^[70]研究了金融市场的波动溢出和相关性, Hu (2002, 2006)^[49, 71]提出用混合 Copula 函数对金融数据进行分析可以较好捕捉金融变量的尾部相依性;Patton (2004, 2006a, b)^[52, 72, 73]研究了德国马克兑日元汇率的非对称相依结构, Jondeau 和 Rockinger (2006)^[74]研究了条件相依模型对股票市场的应用; Okimoto (2008)^[75]应用 Copula 函数研究了证券市场的非对称的相依结构; Bartram (2007)^[76]、Chen、Tu 和 Wang (2008)^[77]、Ang 和 Chen (2002)^[78]、Cheubini 等(2002)^[79]、Brevmann 等(2003)^[80]、Huang 等(2009)^[81]、He 和 Gong (2009)^[82]、Lai 等(2009)^[83]、Zhang 等(2008)^[84]、Fantazzini (2009a, b)^[85, 86]也对证券市场的相依结构进行了研究。

国内学者张尧庭(2002)^[87, 88]从理论上探讨了 Copula 在金融上应用的可行性, 韦艳华、张世英(2004)^[89]等用 Copula - ARCH 模型研究了上海证券市场中几个板块间的相关性; 还有如史道济等^[90-93], 孙炳堃、史道济(2000)^[94], 韦艳华、张世英(2003 - 2008)^[89, 95-99], 朱国庆(2000)^[100], 杜本峰、郭兴义(2003)^[101]、何其祥等(2009)^[102]、王金玉和程薇(2009)^[103], 另外如陈守东、王沁、王璐、吴振翔、李秀敏、孙禄杰和战雪丽、付雪岩、罗俊鹏、李娟、秦伟良、王玉刚、司继文、易文德、张明恒、蔡霞等学者也应用 Copula 函数对金融市场的相关性作过一些探讨^[104-119]。

现有的这些 Copula 函数模型都只考虑金融时间序列间相依结构或是时间序列的短期相依结构, 单个时间序列的波动一般用 ARCH 类模型来描述。金融时间序列的相依关系主要有两类: 一类是金融序列间的相依关系, 即时间序列的同期相依关系; 另一类是单个时间序列的短期相依关系。而已有的这些模型都只是考虑单方面的相依关系, 而没有把这两类相依关系同时考虑进去; 金融时间序列的波动也没有考虑高阶矩波动的影响。本文的研究对这些问题进行了考虑, 并建立了基于 Copula 模型对实际问题进行分析。

1.2.4 相关性传统分析方法的不足与缺陷

在金融风险相关性分析中,通常假定资产收益服从正态分布,并采用 Pearson 的线性相关系数(Linear Correlation)作为资产相关性度量指标,众多研究结果表明,许多金融资产的收益具有明显的厚尾性(Heavy Tailed),与正态分布假设相差较大;而当市场发生重大波动时,线性相关系数也无法反映出资产收益曲线的尾部相关特征。线性相关系数、Granger 因果关系分析方法是相关性分析的常用方法,金融时间序列中的资产定价、投资组合、波动的传导与溢出等相关性分析问题,常用线性相关系数和 Granger 因果分析方法,如朱宏泉等(2001)^[120]、杜子平和张世英(2003)^[121]、华仁海和陈百助(2004)^[122]、史道济(2002)^[90]、吴世农和潘越(2005)^[123]、姚燕云和杨国孝(2006)^[124]。这些研究都存在一定的局限性,概率统计论中相关系数 ρ 刻画的相关关系只局限于描述线性相关和独立的情形,而对于非线性关系则无能为力。如 $X \sim N(0,1)$, $Y = X^2$,显然 X 和 Y 有明显的函数关系,但相关系数 $\rho = 0$ 。因此用线性相关系数度量变量间非线性相关关系时会产生错误的结论^[68]。另外计算线性相关系数时要求变量的方差存在且是有限的,否则线性相关系数没有定义,但是很多金融时间序列服从厚尾分布,其方差有时并不存在,因此无法用线性相关系数来反映变量间的相关性;只有当联合分布服从椭圆分布(如二元正态分布、二元学生 t 分布)时,联合分布由变量间的相关系数和边缘分布唯一确定,而这时的边缘分布有严格的限制,椭圆联合分布也只是对称的相关模式,因此不能充分描述非对称的相依结构。Granger 因果关系分析只能对变量间的因果关系给出定性的描述,不能在数量测度上予以刻画^[120,124-126]。向量 GARCH 模型和向量 SV 模型也可以用于金融市场间的相关性分析^[14,127-129],Engle 和 Joseph(1996)^[127]建立了 GARCH 模型研究时间序列组间的相关性,Kroner 和 Claessens(1991)^[130],Ding 和 Engle(2001)^[128],Longin 和 Solnik B(1995)^[131]等研究了资产间的相关性及模型的估计和检验,但它们在理论上还存在许多有待解决的问题,如参数估计问题。也有用极值理论研究金融市场的相关性,这种研究主要集中在金融资产分布的尾部,而对分布的中间部分没有涉及,Longin 和 Solnik(2001)^[132]应用极值理论研究了国际资本市场的相关性,但它只集中讨论分布的尾部,因此也存在着局限性。因此,这些相关性研究的方法都存在一定



的局限性^[94,132]。这些对相关性的研究方法大都集中在相关程度的研究分析上,而没有涉及变量间的相依结构。事实上,相关程度相同的变量间可能存在不同的相依结构,因此要把握金融时间序列间的相依关系,就要从相依程度和相依结构等方面全面刻画相依关系^[49,68,71]。

众所周知,金融时间序列存在厚尾、偏斜的分布特征^[133],不同的时间序列即使服从相同类型的分布,其分布参数以及自由度也不尽相同。而在金融风险实证研究中,为便于计算,大多数都假设联合分布服从多元正态分布或多元 t-分布,已有充分的证据证明这种假设在很多情况下是不成立的。而金融领域的期权定价、投资组合定价及 VaR 的计算等许多问题,需要知道金融时间序列的联合分布,因此寻找一种能稳健、灵活描述金融时间序列相依特征的实用分布是理论研究和投资决策的迫切需要。

1.2.5 基于 Copula 函数研究相依关系的优越性

Copula 函数理论在研究相依关系问题的实际应用中具有许多优越性。(1) Copula 函数的边缘具有灵活多样性,对边缘分布的选择没有限制,同一个 Copula 函数允许边缘为不同类型的分布,因此可以运用 Copula 函数理论灵活构造多元分布^[27,28,134]。例如,可以连接多个任意分布形式的边缘(正态分布、对数正态分布、学生 t-分布、指数分布等)构成一个任意结构的 Copula 函数,Copula 函数的分布形式和其边缘分布的形式没有限制;而现有的联合分布没有这个优点,联合分布与边缘分布函数的形式有较严格的限制,一般来说,多数现有联合分布函数的形式是其一元边缘分布函数形式的延伸,如多元正态联合分布的所有边缘分布都是一元正态分布,多元 t-分布的所有边缘分布都服从一元学生 t-分布。(2) Copula 函数的另一优点是:边缘分布与 Copula 函数可以分开来考虑,因此研究金融时间序列间相依结构时,单个金融时间序列的特征由边缘分布描述,而金融时间序列的相依结构由 Copula 函数来捕捉;参数的估计可以分阶段进行,简化了许多参数需同时估计的困难,这使建模问题大大简化,有助于金融问题的分析和理解^[38-40,55,63,135,136];在金融时间序列分析中,模型参数估计是一个令人头痛的问题,参数变量多会引发“维数灾难”。而 Copula 函数模型在很大程度上能克服这个困难,参数的估计可以分步骤进行,把每步估计的参数维数降低,把“维数灾难”问题减小或消除。(3) 由 Copula 函数的定义和性质可知,如果变量作非线性的

单调增变换,所得变量的 Copula 函数和由 Copula 函数导出的一致性和相关性测度是不会发生改变的,这就拓宽了研究问题的范围、增强了理论的实用性,因此 Copula 函数非常便于处理随机变量间的非线性相关问题;而传统的相关系数是度量变量间线性相关程度的指标,只有当变量在线性变换下其测度才不发生变化,而对于变量的非线性变换这个相关系数是变化的,因此相关系数对非线性变换变量相关性度量是无效的。(4) Copula 函数的结构形式是多样的,既有对称的结构也有非对称结构,还可以把具有对称和非对称结构、正相依的和负相依的 Copula 函数混合组成具有复杂结构的 Copula 函数,这样的混合 Copula 函数模型能捕捉到变量间非线性、非对称、混合有正负相依关系的相依结构,特别是分布的尾部相依结构关系^[137-142]。由于边缘分布和 Copula 函数灵活的形式和宽松的限制,适应了金融资产本身和其相互联系的复杂性和多变性。在研究金融时间序列时, Copula 函数模型能灵活、实用和有效地捕捉金融资产风险特征,为资产风险管理、资产定价和组合资产投资提供理论和实践分析工具。

由于 Copula 函数理论的性质和优越性,近年来 Copula 理论得到了广泛应用和推广,特别是随着计算机和信息技术的迅猛发展, Copula 函数理论被应用于金融保险、医药卫生、气象、勘探以及信息技术等许多研究领域^[48,52,72-74,77,130,142-159]。应用 Copula 理论研究随机变量间的相依关系,可以将相关程度和相依结构模式的研究有机地结合在一起,可以全面充分地描述变量间相依关系。

1.3 本书的研究方法和技术路线

1.3.1 本书的研究方法

本书以概率统计理论、时间序列理论、Copula 函数理论、金融学为基础,以计算机技术为工具,以系统工程理论与方法为指导,采用理论与实证分析相结合、定性分析与定量分析相结合的研究方法。在现有的风险相依关系理论的基础上,结合 Copula 函数理论,考虑时间序列两类主要的相依关系建立风险相依结构模型,研究模型参数的估计方法、参数估计的性质以及模型的拟合优度检验方法,改进组合资产风险测度的度量方法,结合金融市场相依结构研究的需要,对金融市场进行实证分析。