

商业银行 操作风险耦合与 集成度量研究

来自中国商业银行的经验

汪冬华 徐驰◎著

非外借

 中国金融出版社

商业银行
操作风险耦合与集成度量研究：
来自中国商业银行的经验

汪冬华 徐 驰 著



中国金融出版社

责任编辑：王雪珂

责任校对：张志文

责任印制：赵燕红

图书在版编目 (CIP) 数据

商业银行操作风险耦合与集成度量研究：来自中国商业银行的经验/
汪冬华，徐驰著. —北京：中国金融出版社，2019. 4

ISBN 978 - 7 - 5049 - 9934 - 4

I. ①商… II. ①汪…②徐… III. ①商业银行—风险管理—研究—
中国 IV. ①F832. 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 007599 号

商业银行操作风险耦合与集成度量研究：来自中国商业银行的经验

Shangye Yinhang Caozuo Fengxian Ouhe yu Jicheng Duliang Yanjiu: Laizi Zhongguo
Shangye Yinhang de Jingyan

出版

发行 **中国金融出版社**

社址 北京市丰台区益泽路 2 号

市场开发部 (010)63266347, 63805472, 63439533 (传真)

网上书店 <http://www.chinafph.com>

(010)63286832, 63365686 (传真)

读者服务部 (010)66070833, 62568380

邮编 100071

经销 新华书店

印刷 北京市松源印刷有限公司

尺寸 169 毫米 × 239 毫米

印张 16.25

字数 220 千

版次 2019 年 4 月第 1 版

印次 2019 年 4 月第 1 次印刷

定价 52.00 元

ISBN 978 - 7 - 5049 - 9934 - 4

如出现印装错误本社负责调换 联系电话 (010)63263947

前 言

在近年来金融全球化竞争和宏观经济增长速度放缓的大背景下，中国“十三五”规划明确提出要改革并完善适应现代金融市场发展的金融监管框架，实现金融风险监管全覆盖。因此，如何实现对于风险的有效管理，防范和避免金融系统性风险已经成为业界和学术界备受瞩目的核心问题。目前，以商业银行为代表的金融机构面临的风险主要有信用风险、市场风险以及操作风险三大类，其中作为最基础性风险的操作风险存在于金融机构运营的各个流程和业务环节，可能会诱发其他风险进而导致系统性风险的发生。随着金融科技（FinTech）的快速发展，金融经营转型和服务创新层出不穷，操作风险损失不断发生，因此国际银行业和银行业监管机构在关注银行的信用风险和市场风险的同时，越来越重视防范操作风险。

2004年，《巴塞尔资本协议II》首次明确给出了操作风险的定义：“由于不完善或失败的内部操作过程、人员和系统或外部事件而造成金融损失的风险，该定义包括法律风险，但不包括策略性风险和声誉风险”，同时将其纳入风险管理度量框架内，并提出了三种操作风险监管资本计量方法。2012年6月7日，中国银监会颁布了《商业银行资本管理办法（试行）》，对商业银行的操作风险管理提出了更高的要求，重新制定了《操作风险资本计量监管要求》。相比于市场风险和信用风险度量研究已经较为成熟，操作风险度量研究受限于数据质量和建模

技术的不成熟，仍处于起步阶段。鉴于近几年国际商业银行业操作风险计量方法的实施效果并不佳，最新的《巴塞尔资本协议Ⅲ》对操作风险监管资本计量方法进行了大规模修订，以标准计量法（SMA）取代原有计量方法。然而，新的标准计量法实质上给出的是较为刻板和保守的操作风险监管资本估计，而不是真正实现了对实际操作风险的精准度量。因此，为了实现在金融风险全覆盖的同时兼顾商业银行效率，对于管理和防范操作风险以及合理配置与之相应的经济资本以满足监管需求，开展银行操作风险度量的研究具有重要的理论和实际应用价值。

根据操作风险损失特征以及面临的不同风险单元之间的复杂相关性，本书将研究的重点放在操作风险量化建模、多重操作风险耦合以及风险集成度量上。基于笔者课题组构建的中国商业银行操作风险外部数据库，本书分别就操作风险经典模型、基于厚尾特征的非参数方法、基于动力学模型的非预期操作风险度量模型、基于双重相关性的操作风险度量模型以及基于 Lévy 测度的操作风险度量模型等内容展开实证研究。本书共分为9章，具体安排如下。

第1章介绍商业银行操作风险研究背景以及回顾国内外操作风险经典案例。第2章给出商业银行操作风险基本定义和基于多个维度的分类，介绍巴塞尔银行监管委员会和《巴塞尔资本协议》以及操作风险管理内容的演变历史和最新进展，同时也重点对比分析了《巴塞尔资本协议》推荐的四种操作风险监管资本的测定方法，包括基本指标法、标准法、高级计量法以及标准计量法。第3章为国内外操作风险度量的研究综述，从《巴塞尔资本协议》资本测定方法、单重操作风险度量、多重操作风险间相依关系及集成度量和操作风险度量方式四个视角了解国外最新研究前沿和国内研究现状。

本书从第4章开始展开实证分析。基于商业银行操作风险内部损失数据收集存在的问题与挑战，结合公开媒体所披露和整理的我国商业

银行操作风险案例，获取了时间跨度从 1994—2014 年发生的操作风险损失事件共 1518 起，并对损失事件相关信息进行记录，构建形成中国商业银行操作风险外部数据库。在商业银行操作风险外部数据库构建的基础上，进一步对收集到的操作风险损失数据从时间尺度分布、空间地域分布、损失事件类型分布和涉案银行层级四个维度进行特征分析，最大限度地还原中国商业银行操作风险发展现状。此外，本章引入操作风险经典模型介绍（包括极值理论和损失分布法），并就 POT - LDA 模型展开实证分析。

第 5 章基于商业银行操作风险数据右偏厚尾的统计特征，引入了基于厚尾分布的非参数方法度量银行操作风险，以此减少模型设定上的偏差而导致的最终结果的不准确性。本章利用 Hill 指数建立线性模型确定阈值，提出了能更好反映厚尾分布特征的总体均值求法，在此基础上构造了基于非参数的 VaR 点估计方法和三种置信区间估计的方法，分别是正态近似法（NA）、经验似然法（EL）和数据倾斜法（DT）。

第 6 章至第 8 章从不同的视角分析多重操作风险度量中的相关性结构构建问题。第 6 章提出考虑不同时点风险单元间相关性的动力学模型，描述具有低频高损特征的非预期操作风险损失产生、传导及演化的机制，通过仿真计算获得非预期操作风险损失情景模拟，得到银行业年度总体累计非预期损失的经验分布和 VaR 度量。同时为了验证 VaR 简单线性叠加是否高估风险，第 6 章还对不同置信水平下的风险分散系数进行了计算。第 7 章在经典损失分布法框架下实现相关性结构的细化，分别对损失频率相关性和损失强度相关性进行建模，其中为了解决损失强度相关性建模中的“损失强度时间错配”问题，引入损失强度均值概念代替损失强度，构建双重相关性风险度量模型，并给出配套的数值实验技术从而实现操作风险集成度量。第 8 章给出了解决“损失强度时间错配”问题的另一种思路：基于操作风险非连续的跳跃特征，引入 Lévy 测度代替传统概率测度，基于共同冲击事件采用同时考虑损

失频率相关性和损失强度相关性的二元静态 Lévy Copula 操作风险度量模型以及相应的数值实验技术，并在此基础上对 Lévy Copula 操作风险度量模型的动态情形拓展和多元情形拓展。

第9章对全书内容和结论进行总结，并给出相应的政策建议。

在此，笔者对本书准备阶段所得到的来自各方的支持表示感谢：本书主要内容来源于笔者主持的国家自然科学基金面上项目《动态非线性相依下的银行多重操作风险集成度量方法与实证研究》（项目批准号：71171083）；部分研究成果也得到国家自然科学基金面上项目《基于 Hawkes 过程与计算实验的股票市场极值风险传播的研究》（项目批准号：71771087）、上海市教育委员会科研创新重点项目《基于高频数据的我国股指期货量价及期现市场的交叉相关性研究》（项目批准号：14ZS058）和上海市浦江人才计划资助项目《基于高频数据的沪深300股指期货和现货市场的交叉相关性及其风险的研究》（项目批准号：15PJC021）的资助。在研究开展的初期，作为量化研究的基础，中国商业银行操作风险外部数据库的构建十分关键。除本书作者外，笔者课题组成员季敬儒、李剑波、褚国庆、苏星泽、王暖、姚钰雯、房天惠、辛旸等在公开媒体数据爬取、收集和整理过程中承担了部分重要工作，后期也参与了本书参考文献格式的校对工作，就此表示衷心的感谢。在操作风险模型构建和实证过程中，滑铁卢大学徐定海教授、德勤风险咨询副总监黄荣兵博士、国信证券资产证券化研究负责人索园园、招商证券策略研究员涂婧清、上海山楂树甄琢资产管理中心研究员岳路路、海通证券新三板与结构融资部业务总监张裕恒、财通基金产品经理庆楠、台湾元大证券上海研究部大消费研究员贾瑞林、中国农业银行信用卡中心风险管理部风险经理孙临、北大方正人寿资产管理中心权益投资部研究员刘祥等给予笔者很多技术支持和风险管理实操方面的建议及修改意见，在此一并向他们表示感谢。本书中的错误和不足之处都归于笔者本人，竭诚希望读者的批评与指正！

最后，希望本书研究成果不仅能够为我国商业银行的操作风险防范与监管以及经济资本配置优化决策提供理论依据和适用方法，而且能为我国商业银行消化和实施《巴塞尔资本协议》提供技术支持。

汪冬华
2018年11月

目 录

第1章 操作风险研究背景	1
1.1 研究背景	1
1.2 操作风险经典案例	4
1.2.1 国外案例	5
1.2.2 国内案例	7
1.3 本章小结	10
第2章 操作风险与《巴塞尔资本协议》	12
2.1 操作风险预备知识	12
2.1.1 操作风险定义	12
2.1.2 操作风险分类	13
2.2 巴塞尔银行监管委员会、《巴塞尔资本协议》与操作风险	22
2.3 操作风险监管资本测定方法	25
2.3.1 基本指标法 (BIA)	26
2.3.2 标准法 (TSA)	27
2.3.3 高级计量法 (AMA)	28
2.3.4 标准计量法 (SMA)	32
2.4 本章小结	39

第3章 操作风险度量的研究综述	42
3.1 《巴塞尔资本协议》资本测定方法研究	42
3.2 银行单重操作风险度量研究	45
3.3 银行多重操作风险间相依关系及集成度量研究	53
3.4 操作风险度量方式研究	62
3.5 本章小结	63
第4章 操作风险数据库与经典风险度量模型	66
4.1 操作风险数据库	66
4.1.1 操作风险数据收集存在的问题与挑战	66
4.1.2 中国商业银行操作风险外部数据库构建	67
4.1.3 中国商业银行操作风险统计特征分析	70
4.1.4 中国商业银行操作风险成因分析	77
4.2 操作风险经典模型	80
4.2.1 损失分布法	80
4.2.2 极值理论	83
4.3 实证结果与分析	88
4.4 本章小结	93
第5章 基于非参数方法的操作风险度量	96
5.1 引言	96
5.2 研究方法	97
5.2.1 基于 Hill 指数的阈值确定方法	97
5.2.2 厚尾分布总体均值的估计方法	99
5.2.3 厚尾分布 VaR 的点估计方法	100
5.2.4 厚尾分布 VaR 的区间估计方法	100
5.3 实证结果与分析	104

5.3.1	阈值确定	105
5.3.2	VaR 点估计	105
5.3.3	VaR 区间估计	107
5.3.4	参数方法与非参数方法比较	108
5.4	本章小结	111
第 6 章	基于动力学模型视角的操作风险度量	113
6.1	引言	113
6.2	研究方法	114
6.2.1	动力学模型	114
6.2.2	参数估计方法	117
6.2.3	稳健性检验	120
6.3	实证结果与分析	121
6.3.1	参数设定	122
6.3.2	参数估计与风险度量	125
6.4	本章小结	132
第 7 章	基于双重相关性的操作风险度量	134
7.1	引言	134
7.2	研究方法	135
7.2.1	经典 LDA 模型与相关性结构分析	135
7.2.2	基于双重相关性的操作风险度量模型	140
7.2.3	数值实验技术	144
7.3	实证结果与分析	145
7.3.1	模型参数估计	146
7.3.2	风险资本计算	159
7.3.3	讨论：与其他相关性模型比较	160

7.4 本章小结	166
第8章 基于 Lévy 测度的操作风险度量	168
8.1 引言	168
8.2 研究方法	169
8.2.1 Lévy 测度与 Lévy Copula	169
8.2.2 基本模型：二维 Lévy Copula 操作风险度量模型	171
8.2.3 模型拓展 I：动态 Lévy Copula 操作风险度量模型	177
8.2.4 模型拓展 II：多维 Lévy Copula 操作风险度量模型	180
8.3 实证结果与分析	190
8.3.1 二维 Lévy Copula 操作风险度量模型	191
8.3.2 动态 Lévy Copula 操作风险度量模型	196
8.3.3 多维 Lévy Copula 操作风险度量模型	198
8.4 本章小结	205
第9章 主要工作、结论与政策建议	208
9.1 主要工作	208
9.2 主要结论	210
9.3 政策与建议	213
参考文献	215

图目录

图 2.1	操作风险按损失频率和损失强度分类	22
图 4.1	操作风险损失发生次数（时间分布）	71
图 4.2	操作风险损失总金额（时间分布）	71
图 4.3	操作风险单次损失金额均值（时间分布）	71
图 4.4	操作风险损失发生次数（空间分布）	72
图 4.5	操作风险损失总金额（空间分布）	73
图 4.6	操作风险单次损失金额均值（空间分布）	73
图 4.7	不同银行的操作风险损失	76
图 4.8	BMM 模型中的极值数据	84
图 4.9	POT 模型中的极值数据	84
图 4.10	不同形状参数下的 GPD 累积分布函数	86
图 4.11	不同形状参数下的 GPD 概率密度函数	87
图 4.12	损失强度经验分布	89
图 4.13	超额均值函数	90
图 4.14	W 统计量的 Q-Q 图	91
图 4.15	POT-LDA 模型的 VaR	92
图 4.16	关于形状参数的鲁棒性检验	93
图 5.1	超额均值函数	106

图 5.2	不同置信水平下的 VaR	107
图 5.3	$VaR_{99,9\%}$ 的 95% 置信区间 (EL 和 DT)	108
图 5.4	不同置信水平下的 VaR (非参数方法和参数方法)	110
图 6.1	超额均值函数 (内部欺诈)	122
图 6.2	超额均值函数 (外部欺诈)	123
图 6.3	超额均值函数 (执行、交割与流程管理)	123
图 6.4	相关性结构	125
图 6.5	年度累计非预期损失的概率密度函数 (内部欺诈)	127
图 6.6	年度累计非预期损失的概率密度函数 (外部欺诈)	127
图 6.7	年度累计非预期损失的概率密度函数 (执行、交割与流程管理)	128
图 6.8	不同置信水平下的 VaR (内部欺诈)	128
图 6.9	不同置信水平下的 VaR (外部欺诈)	129
图 6.10	不同置信水平下的 VaR (执行、交割与流程管理)	129
图 6.11	总体累计非预期损失的概率密度函数	130
图 6.12	总体累计非预期损失 VaR	131
图 6.13	风险分散系数	132
图 7.1	超额均值函数 (内部欺诈)	146
图 7.2	超额均值函数 (外部欺诈)	147
图 7.3	超额均值函数 (执行、交割与流程管理)	147
图 7.4	W 统计量的 Q-Q 图 (内部欺诈)	150
图 7.5	W 统计量的 Q-Q 图 (外部欺诈)	150
图 7.6	W 统计量的 Q-Q 图 (执行、交割与流程管理)	151
图 7.7	不同损失频率条件下的风险损失均值概率分布函数 (内部欺诈; Ordinary Losses)	152

图 7.8	不同损失频率条件下的风险损失均值概率分布函数 (外部欺诈; Ordinary Losses)	152
图 7.9	不同损失频率条件下的风险损失均值概率分布函数 (执行、交割与流程管理; Ordinary Losses)	153
图 7.10	不同损失频率条件下的风险损失均值概率分布函数 (内部欺诈; Catastrophic Losses)	153
图 7.11	不同损失频率条件下的风险损失均值概率分布函数 (外部欺诈; Catastrophic Losses)	154
图 7.12	不同损失频率条件下的风险损失均值概率分布函数 (执行、交割与流程管理; Catastrophic Losses)	154
图 7.13	不同损失频率条件下的风险损失均值分布的多阶矩 (内部欺诈; Ordinary Losses)	155
图 7.14	不同损失频率条件下的风险损失均值分布的多阶矩 (外部欺诈; Ordinary Losses)	155
图 7.15	不同损失频率条件下的风险损失均值分布的多阶矩 (执行、交割与流程管理; Ordinary Losses)	156
图 7.16	不同损失频率条件下的风险损失均值分布的多阶矩 (内部欺诈; Catastrophic Losses)	156
图 7.17	不同损失频率条件下的风险损失均值分布的多阶矩 (外部欺诈; Catastrophic Losses)	157
图 7.18	不同损失频率条件下的风险损失均值分布的多阶矩 (执行、交割与流程管理; Catastrophic Losses)	157
图 7.19	双重相关性模型的 VaR 和 CVaR	160
图 7.20	不同相关性模型的 VaR	165
图 8.1	二维泊松过程分解	173
图 8.2	不同 θ 取值下的共同冲击事件频率	174

图 8.3	不同 θ 取值下的 $S_{\theta}(u, v)$ 模拟	175
图 8.4	三维 FNAC 模型相关性结构	188
图 8.5	四维 FNAC 模型相关性结构	188
图 8.6	四维 PNAC 模型相关性结构	189
图 8.7	不同置信水平下的 VaR (二维模型)	195
图 8.8	不同置信水平下的 CVaR (二维模型)	195
图 8.9	θ 的稳健性检验	196
图 8.10	非齐次泊松过程拟合 (内部欺诈)	197
图 8.11	非齐次泊松过程拟合 (外部欺诈)	197
图 8.12	动态 VaR (置信水平: 99.9%)	198
图 8.13	动态 CVaR (置信水平: 99.9%)	199
图 8.14	操作风险年度损失历史数据	199
图 8.15	不同置信水平下的 VaR (三维模型)	204
图 8.16	不同置信水平下的 CVaR (三维模型)	204

表目录

表 2.1	操作风险业务条线	14
表 2.2	操作风险事件类型	17
表 2.3	操作风险损失形态	20
表 2.4	不同业务条线对应的权重因子 β_i	28
表 2.5	SMA 中的变量缩写和含义列表	34
表 2.6	《巴塞尔资本协议》提出的操作风险计量方法汇总	41
表 4.1	中国商业银行操作风险外部数据库样张	69
表 4.2	操作风险损失地域特征（前五名和后五名）	74
表 4.3	不同事件类型的操作风险损失	75
表 4.4	中国商业银行操作风险损失描述性统计	89
表 4.5	POT - LDA 模型参数估计结果	90
表 4.6	不同置信水平下的 VaR	91
表 5.1	不同置信水平下的 VaR	106
表 5.2	$VaR_{99, 9\%}$ 的 95% 置信区间	108
表 5.3	GPD 分布的参数估计	109
表 5.4	不同置信水平下的 VaR（非参数方法和参数方法）	110
表 6.1	操作风险描述性统计	122
表 6.2	不同置信水平下的 VaR	130