

管理学精品学术著作丛书
Excellent Academic Works
Series of Management



可转换债券价值 评估与风险管理

张卫国 廖萍康◎ 著

The Valuation and Risk Measurement
of Convertible Bonds



科学出版社

管理学精品学术著作丛书

可转换债券价值评估与风险管理

The Valuation and Risk Measurement of
Convertible Bonds

张卫国 廖萍康 著

国家杰出青年科学基金（项目编号：70825005）

广东省高等学校人才引进专项资金（2011）

资助

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书比较全面、系统地论述了可转换债券的价值构成、定价理论、风险度量与管理方法,主要内容包括各种环境(随机环境、模糊环境、状态转换环境、分数布朗运动环境)下的可转债定价模型、风险度量和管理方法等,既有理论模型的构建和数值算法的设计,又有中国可转债市场的实证分析。

本书可作为高等院校金融工程、数理金融、管理科学与工程、财务管理、运筹与管理、系统工程等相关专业的师生研讨和教学用书,也可以作为证券公司、投资机构等研究机构专业人员研究和学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

可转换债券价值评估与风险管理/张卫国,廖萍康著. —北京:科学出版社,2013
(管理学精品学术著作丛书)
ISBN 978-7-03-034484-2
I. ①可… II. ①张… ②廖… III. ①可转换债券-价值-评估 ②可转换债券-金融风险-防范 IV. ①F830.91
中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第313889号

责任编辑:李 莉 / 责任校对:王艳利
责任印制:阎 磊 / 封面设计:无极书装

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>

北京通州皇家印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年1月第 一 版 开本:720×1000 B5

2014年1月第一次印刷 印张:13

字数:260 000

定价:68.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

作者简介

张卫国，教授，国家杰出青年科学基金获得者，国家百千万人才工程国家级人选，国家有突出贡献中青年专家，国家社会科学基金重大(招标)项目首席专家，广东省珠江学者特聘教授，教育部新世纪优秀人才，广东省重点学科管理科学与工程学科带头人。其先后在美国哥伦比亚大学、加拿大滑铁卢大学做高级研究学者；长期从事金融工程与风险管理的理论与应用问题研究，在 *European Journal of Operational Research*、*Fuzzy Sets and Systems*、*OR Spectrum*、*Information Sciences*、*International Journal of Production Economics*、*Automatica* 等国内外著名杂志公开发表学术论文 160 余篇，出版著作 3 部，被国际权威索引 SCI、SSCI 收录 60 余篇，研究成果被 SCI、SSCI 收录论文引用 200 余次；获得高等学校科学研究优秀成果奖等省部级以上政府奖 14 项，担任中国管理科学与工程学会常务理事、中国系统工程学会青年工作委员会委员、国外学术刊物 *Informations* 等杂志编委。

廖萍康，硕士，先后在中山大学数学与应用数学专业和华南理工大学管理决策与系统理论专业取得学士和硕士学位，主要从事金融衍生产品定价及风险管理等研究。近年来，在《系统工程》、《运筹与管理》、《系统管理学报》等国内管理科学重要学术期刊上发表学术论文多篇。

序 言

金融工程是一门新兴交叉学科，是现代金融学的重要组成部分。美国金融学家约翰·芬尼迪(John Finnerty)将金融工程定义为：金融工程包括创新型金融工具与金融手段的设计、开发与实施，并对金融问题给予创造性的解决。根据该定义，金融工程包括了创新型金融工具的设计开发以及创新性地解决伴随金融创新出现的金融问题。由此可见，金融工程的核心是金融创新，这也是推动现代金融繁荣发展的动力所在。具体地，金融工程主要包括创新金融产品的设计开发、金融产品定价、金融资产配置、金融产品交易策略、金融风险管理等多个方面。其中，创新金融产品的设计开发是金融工程的前提，金融产品定价是金融工程的基础，而金融资产配置、金融产品交易策略和金融风险管理等是金融工程的自然延伸。金融工程作为一门交叉学科，其所使用的知识和工具包括经济学、金融学、财务学、数学与统计学、计算机技术等。金融工程自问世以来，就显示出了强大的生命力，使得金融学由定性分析转向了定量分析，也推动了全球经济的繁荣发展。

近几十年来，金融工程的理论研究处于蓬勃发展当中，许多研究成果也同样被应用到了金融实务中。金融工程理论研究主要集中在资产定价、资产配置和风险管理三个方面。现代金融工程理论历经了两次“华尔街革命”，不断发展完善。1952年，马科维茨(Markowitz)首次提出了现代投资组合理论(即收益方差模型)，被称为第一次金融革命。1973年，布莱克(Black)和斯科尔斯(Scholes)提出了著名的 Black-Scholes 期权定价模型，被称为第二次金融革命。金融工程理论在现代金融学中占据重要的地位，诺贝尔经济学奖多次颁给了金融工程领域的学者和研究成果，这也充分说明了金融工程的重要性。

金融衍生品主要包括期货、期权、权证和可转换债券(简称可转债)等。目前，我国证券市场上尚无公开发行上市的期权，但已有多只权证和可转债发行上

市。我国可转债市场经过二十多年的发展,取得了一定的进步,发行的数目和市场份额均有快速的提高。2006年,十多只可转债的发行上市将我国可转债市场推入了第一个小高潮,而2010年价值数百亿元的中国银行股份有限公司A股可转换公司债券(简称中行转债)和中国工商银行股份有限公司A股可转换公司债券(简称工行转债)的发行使我国可转债市场进入了又一个高潮。Black-Scholes期权定价模型的问世能够被视为金融理论界的第二次金融革命,充分说明了衍生品定价理论在金融工程理论中的重要地位。可转债定价理论作为衍生品定价理论的重要组成部分,在金融工程理论中也非常重要。伴随着国内外金融市场的发展和金融服务业创新的深入,我国金融机构对资产定价理论(含可转债定价理论)的研究和应用都提出了迫切的要求。

自现代金融工程理论问世以来,国内外从事金融工程领域教学和科研的学者日益增加,同时金融工程理论研究也取得了许多优秀成果。张卫国教授及其领导的研究团队长期从事投资组合选择、衍生品定价和风险管理等方面的研究,是国内从事金融工程研究的优秀学者和优秀研究团队。张卫国教授在长期的科研生涯中取得了许多具有国际先进水平的优秀学术成果,并出版了包括《现代投资组合理论——模型、方法与应用》、《分数布朗运动下股本权证定价研究——模型与参数估计》等多部专著。

《可转换债券价值评估与风险管理》是张卫国教授及其研究团队完成的又一部金融工程专著,是对可转债价值评估和风险管理理论的系统总结和深入研究。该书是国内首次较为全面地论述可转债市场、可转债定价、可转债风险度量及风险管理的著作,不仅对可转债定价和金融风险管理的国内外研究进行了系统梳理,而且对作者在可转债定价和风险管理领域所取得的部分理论成果进行了详细介绍;不仅包括可转债定价经典理论——基于Black-Scholes期权定价理论的可转债定价模型,而且包括可转债定价的数值方法和含违约风险的可转债定价模型。在可转债定价和风险管理前沿理论研究方面,该书涵盖了模糊环境下、状态转换环境下的可转债定价、风险度量和风险管理问题等。该书采用理论研究与实际应用相结合的方式论述,既有理论模型的构建和数值算法的设计,又有我国可转债市场的实证分析。此外,该书还对可转债定价和风险管理研究的未来发展进行了展望。该书理论系统全面,论述严谨充分,方法科学先进,成果符合我国可转债市场的实际情况和特征。该书不但能够为研究人员开展可转债定价和风险度量的学术研究起到指导作用,而且能够为可转债开发设计和投融资专业人员从事可转债应用实践提供直接帮助,体现了较高的理论学术水平和实际应用价值。

该书同时还可作为高等院校金融工程、数理金融、管理科学与工程、财务管理、投资与风险管理、系统工程等相关专业的师生研讨和教学用书,也可以作为证券公司、投资机构等专门研究机构专业人员的研究和学习参考用书。如果具备

一定的期权定价理论基础知识,读者则可以更好地阅读和理解该书。

此外,我也期望更多人关注金融工程(包括衍生品定价理论和风险管理)理论和应用的发展,积极开展金融衍生品定价理论和风险管理的理论研究、教学和应用实践,共同提高我国金融工程的理论和应用水平。

汪应洛

西安交通大学管理学院名誉院长、中国工程院院士

2013年6月30日

前言

自 2007 年出版金融工程专著《现代投资组合理论——模型、方法与应用》至今已六年多时间，该书受到了国内众多专家学者的热情关注，他们把它作为相关学术研究的参考文献，并且在金融工程和金融数学专业研究生课程中讲授。受此鼓舞，笔者第二本金融工程著作《分数布朗运动下股本权证定价研究——模型与参数估计》也已出版发行。事实上，资产定价、资产配置和风险管理三大问题是金融工程研究的核心问题，而资产定价又是资产配置和风险管理的基础，因此金融资产定价在金融工程研究中占据着非常重要的地位。广义地说，金融资产定价问题包括基础金融工具(股票、债券等)的定价问题和金融衍生品(期货、期权、可转债、权证等)的定价问题。狭义地说，金融资产定价指的是金融衍生品的定价，特别是期权、权证、可转债的定价，其中期权定价理论是权证和可转债定价的理论基础，权证和可转债定价研究一般基于期权定价理论演变而来。

可转债是一种兼具普通债券和期权(权证)性质的投融资工具，由于其双重特性，可转债极具特性和吸引力，成为了债券和股票等融资工具的补充。1843 年，美国纽约艾瑞(New York Erie)铁道公司发行了第一只可转债，至今已有将近 170 年历史。经过长期的发展，可转债已经发展为成熟的融资工具，可转债市场已经成为国际金融市场的重要组成部分。国际金融市场形成了以美国、欧洲、日本三大国家和地区可转债市场为中心的国际可转债市场，而发展中国家的可转债市场也在蓬勃发展中。我国可转债市场起步比较晚，到 1992 年我国才由中国宝安集团股份有限公司发行了第一只可转债(即宝安可转换公司债券，简称宝安可转债)，比美国第一只可转债问世晚了将近 150 年。经过二十多年的发展，我国可转债市场取得了快速发展，特别是在 2010 年，中行转债和工行转债的发行将可转债的发行额和市场流通值推向了历史高峰。然而，我国可转债市场发展历程较短，可转债融资占证券市场融资的比例非常低，制度和机制也非常不完善。尽

管如此,可转债的重要作用也日渐为企业所认识,并且为可转债市场容量的扩大奠定了基础。目前,占据我国证券市场融资首位的股权融资由于受市场影响越来越难以保持持续活跃,而债券融资(含可转债融资)则越来越受推崇。随着我国可转债市场和制度的不断完善,可转债必然会成为越来越多企业的融资选择。由此可见,可转债在我国有着巨大的发展潜力和广阔的市场前景。

可转债理论研究和可转债投融资应用是相辅相成、互相促进的。可转债的理论研究主要包括可转债定价问题、可转债风险管理问题、可转债融资动机问题等诸多方面。自20世纪中叶起,部分学者就开始探索可转债定价问题,试图解开可转债定价之谜。然而,直至1973年Black-Scholes期权定价模型问世,可转债定价理论才有了实质性的突破。1977年,Ingersoll首次将Black-Scholes期权定价理论引入可转债定价中,随后可转债定价理论随着期权定价理论的发展和完善得以不断发展。在这期间,可转债风险管理、融资动机研究等理论研究也得到了大力发展,可转债理论体系日渐成熟、完善。由于我国可转债市场起步较晚,我国可转债的理论研究落后于欧美发达国家,直到21世纪,我国可转债的理论研究才进入快速发展期。我国学者和研究人员在充分学习国外优秀可转债理论的基础上,结合我国可转债市场特点,对我国可转债定价、风险管理、融资动机等进行了大量研究。在进入21世纪的短短十多年时间里,我国可转债理论研究取得了众多的优秀成果,并且很多专家学者、专业人员及管理机构与上市企业还在继续努力深入研究和进行应用实践。

虽然可转债理论研究和应用实践均呈现蓬勃发展趋势,但是系统介绍可转债重要理论成果的书籍却不多,尤其是在结合可转债定价和风险管理理论方面。本书试图对国内外可转债定价和风险管理的重要理论成果进行比较全面的系统整理,并主要介绍笔者及研究团队在可转债定价和风险管理领域所取得的部分理论成果。根据本书的内容和特点,全书共分四篇。

第一篇是可转债发展和研究概况。该篇共包括三章,介绍了可转债及其特征、国内外可转债市场发展概况、可转债理论研究概述。

第二篇是可转债价值分析与经典定价方法。该篇共包括四章,系统介绍了可转债价值影响因素分析、基于Black-Scholes期权定价理论的可转债定价方法、可转债数值定价方法以及考虑违约风险的可转债定价模型。

第三篇是可转债定价理论扩展研究。该篇共包括三章,主要介绍了可转债定价的最新研究理论成果,包括基于总体最小二乘拟蒙特卡罗(total least square quasi-Mento Carlo, TLSQM)方法的可转债定价、模糊环境下基于修正B-S模型的可转债定价、状态转换环境下含违约风险的可转债定价。

第四篇是可转债风险度量和管理。该篇共包括五章,主要介绍了可转债的风险度量和管理问题。该篇首先系统介绍了国内外风险度量的主要方法;其次对学

者近年来在可转债风险度量和管理方面所取得的理论研究成果进行了介绍, 这些研究包括基于拟蒙特卡罗(quasi-Mento Carto, QMC)方法的可转债风险度量、模糊环境下可转债风险度量、分形市场假说下可转债风险度量; 最后进行了总结与展望。

笔者及研究团队长期以来一直从事金融工程理论研究, 先后在教育部分新世纪优秀人才支持计划项目、国家杰出青年科学基金、国家社会科学基金重大项目等支持下, 深入开展了投资组合理论、金融衍生产品定价(含期权、权证和可转债定价)与金融风险管理领域的研究工作。本书既是国内外学者在可转债定价和金融风险管理方面理论研究成果的系统化梳理, 也是笔者及研究团队在可转债定价和风险管理方面部分研究成果的总结。

笔者先后在国家留学基金委员会和华南理工大学的资助下, 到美国哥伦比亚大学及加拿大滑铁卢大学访问研究, 衷心感谢国家留学基金委员会和华南理工大学的大力支持! 衷心感谢滑铁卢大学 Michael J. Best 教授, 纽约州立大学 Svetlozar T. Rachev 教授, 哥伦比亚大学王能教授, 堪萨斯大学胡耀忠教授、Nualart David 教授等多年来对笔者的热情帮助!

本书在写作过程中参考了国内外众多学者的优秀研究成果(已在参考文献中列出), 在此一并表示感谢。此外, 还要感谢多年来与笔者一道从事可转债定价和风险管理研究的肖炜麟、史庆盛、许文坤及廖萍康等同事, 他们与笔者一道完成了这些研究, 为这些研究成果的完成做出了贡献, 研究生方伟正和谢百帅等还参与了本书部分内容的完善与校对工作。

最后需要指出, 由于笔者水平有限, 书中存在不足之处在所难免, 敬请广大读者谅解, 并衷心欢迎广大读者批评指正。

张卫国

2013 年春于华南理工大学



第一篇 可转债发展和研究概况

第1章 可转债及其特征	3
1.1 引言	3
1.2 可转债的概念及构成要素	3
1.3 可转债的特征	7
1.4 可转债与其他金融产品的异同	8
1.5 本章小结	9
第2章 国内外可转债市场发展概况	10
2.1 引言	10
2.2 国外可转债发展历史	10
2.3 中国可转债发展概况	14
2.4 中国可转债市场与其他国外市场比较分析	17
2.5 可转债在公司融资中的应用分析	18
2.6 我国可转债发展面临的机遇和困难	20
2.7 本章小结	23
第3章 可转债理论研究概述	24
3.1 引言	24
3.2 可转债定价研究概况	24
3.3 可转债风险度量和管理研究概况	29
3.4 可转债融资动机研究概况	30
3.5 可转债其他主题研究概述	31

3.6 本章小结·····	34
---------------	----

第二篇 可转债价值分析与经典定价方法

第4章 可转债价值影响因素分析 ·····	37
4.1 引言·····	37
4.2 我国可转债的基本要素及价值影响分析·····	38
4.3 我国可转债价格影响因素·····	42
4.4 我国可转债价值低估现象和成因·····	44
4.5 本章小结·····	45
第5章 基于 Black-Scholes 期权定价理论的可转债定价方法 ·····	46
5.1 引言·····	46
5.2 几何分数布朗运动及参数估计·····	47
5.3 期权定价若干定理和理论·····	50
5.4 欧式期权 B-S 公式推导·····	54
5.5 基于 B-S 公式的可转债定价组合模型·····	56
5.6 可转债交换期权模型·····	58
5.7 可转债定价因素模型·····	60
5.8 息票、红利和交易费用对可转债定价的影响及其修正·····	63
5.9 本章小结·····	65
第6章 可转债数值定价方法 ·····	67
6.1 引言·····	67
6.2 树图方法·····	67
6.3 有限差分方法·····	71
6.4 有限元方法·····	75
6.5 蒙特卡罗方法及其他方法·····	79
6.6 本章小结·····	81
第7章 考虑违约风险的可转债定价模型 ·····	82
7.1 引言·····	82
7.2 结构模型·····	82
7.3 Tsiveriotis-Fernandes 模型·····	84
7.4 Ayache-Forsyth-Vetzal 模型·····	86
7.5 其他含违约风险的可转债定价模型·····	88
7.6 本章小结·····	90

第三篇 可转债定价理论扩展研究

第 8 章 基于总体最小二乘拟蒙特卡罗方法的可转债定价	93
8.1 引言	93
8.2 总体最小二乘法和拟蒙特卡罗方法	93
8.3 算法步骤	96
8.4 实证分析	97
8.5 本章小结	103
第 9 章 模糊环境下基于修正 B-S 模型的可转债定价	104
9.1 引言	104
9.2 准备知识	105
9.3 基于修正 B-S 模型的可转债定价分析	107
9.4 可转债模糊定价模型	110
9.5 算法分析	113
9.6 计算实例	115
9.7 本章小结	117
第 10 章 状态转换环境下含违约风险的可转债定价	118
10.1 引言	118
10.2 状态转换下可转债定价模型	118
10.3 股权稀释效应和债务杠杆效应探讨	123
10.4 数值算法简介	125
10.5 数值算例	129
10.6 本章小结	133

第四篇 可转债风险度量和管理

第 11 章 金融风险度量方法与可转债风险管理	137
11.1 引言	137
11.2 金融风险度量方法简介	138
11.3 VaR 主要估计方法简介	143
11.4 我国可转债主要风险来源	145
11.5 本章小结	147
第 12 章 基于拟蒙特卡罗方法的可转债风险度量	148
12.1 引言	148
12.2 可转债的价格波动过程及风险度量	148
12.3 基于 Moro 算法的拟蒙特卡罗方法	150

12.4	算法实现·····	152
12.5	实证和比较分析·····	152
12.6	本章小结·····	155
第 13 章	模糊环境下可转债风险度量 ·····	156
13.1	引言·····	156
13.2	模糊理论简介·····	156
13.3	可转债模糊风险度量指标及风险模型评价指标·····	158
13.4	算法设计·····	159
13.5	应用分析·····	161
13.6	本章小结·····	165
第 14 章	分形市场假说下可转债风险度量 ·····	166
14.1	引言·····	166
14.2	分形维参数估计方法简介·····	166
14.3	分形维参数估计方法比较·····	169
14.4	分形过程下可转债风险度量及算法设计·····	172
14.5	应用研究·····	173
14.6	本章小结·····	176
第 15 章	总结与展望 ·····	177
15.1	总结·····	177
15.2	展望·····	179
参考文献 ·····		183

第一篇

可转债发展和研究概况

第1章

可转债及其特征

1.1 引言

可转换公司债券(convertible bond), 简称可转换债券、可转债或转债, 是一种介于股票和债券之间的混合金融产品, 它赋予债券持有人在规定的期限内依照约定的价格将其转换为发行公司的股票或者持有到期的权利。可转债兼具筹资和避险的双重功能, 并且具有活跃性强和收益稳定的特点。与单纯的筹资工具(如股票、债券)或避险工具(如期权、期货)等相比, 可转债的优势更为显著。可转债持有者既可以获得类似于债券的红利收益, 也可以将债券转换成股票以获得股票收益。同时, 可转债也为企业融资提供了新的低成本工具。理论上, 可转债是一种介于债券和股权之间同时兼具期权特性的混合型金融工具。在可转债转换前, 低票面利率可以减轻企业的利息负担, 如果转股发生, 可转债不仅可以帮助企业实现股本扩容的“软着陆”, 还可以减少负债偿还的压力。1843年, 美国纽约艾瑞铁道公司发行了世界上第一只可转债。历经170年的发展, 可转债已经成为国际金融市场上非常重要和成熟的融资工具。尤其是近30多年来, 可转债市场更是发展迅猛, 形成了以美国、欧洲和日本为代表的三大市场, 可转债已成为金融市场上的重要产品, 并为这些国家和地区的繁荣发展起到了重要作用。我国自1992年中国宝安集团股份有限公司发行第一只可转债以来, 截至2010年, 已上市发行的可转债数量为85只, 为我国上市企业再融资和发展提供了机会, 也为广大投资者带来了新的投资产品。

1.2 可转债的概念及构成要素

可转债是指持有人按照法律程序, 在一定时期内根据约定条件可以转换成股