

RESEARCH ON ASSET
SECURITIZATION PRICING

Based on Actuarial Principles and
Chinese Practices

资产证券化 定价研究

基于精算原则和中国实践

李冠雄 著

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press



RESEARCH ON ASSET
SECURITIZATION PRICING

Based on Actuarial Principles and
Chinese Practices

资产证券化 定价研究

基于精算原则和中国实践

李冠雄 著



中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

资产证券化定价研究：基于精算原则和中国实践/李冠雄著.
—北京：经济科学出版社，2018.5
ISBN 978-7-5141-9316-9

I. ①资… II. ①李… III. ①资产证券化-研究-中国
IV. ①F832.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 098138 号

责任编辑：王 娟 张立莉

责任校对：杨 海

责任印制：邱 天

资产证券化定价研究

——基于精算原则和中国实践

李冠雄 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址：北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编：100142

总编部电话：010-88191217 发行部电话：010-88191522

网址：www.esp.com.cn

电子邮件：esp@esp.com.cn

天猫网店：经济科学出版社旗舰店

网址：http://jjkxcbs.tmall.com

北京季蜂印刷有限公司印装

710×1000 16 开 10.75 印张 200000 字

2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5141-9316-9 定价：39.00 元

(图书出现印装问题，本社负责调换。电话：010-88191510)

(版权所有 侵权必究 举报电话：010-88191586)

电子邮箱：dbts@esp.com.cn)



李冠雄

内蒙古人，中央财经大学精算学硕士，
中央财经大学金融学博士。现任中国高科
集团股份有限公司副总裁。目前主要从事
教育产业投融资的实践与研究工作。

资产证券化 定价研究

基于精算原则和中国实践

责任编辑：王 娟

张立莉

封面设计：陈宇琰

前 言

资产证券化经过 40 多年的发展，已成为美国固定收益市场重要的一个板块，无论在市场规模、产品类型、制度安排、定价机制以及投资者结构等方面都处于世界领先地位。在我国当前经济深化改革的背景下，使经济运行在合理区间、降低系统性风险特别需要债券市场提供更多的支持和服务。资产证券化作为创新的债券市场工具，将缺乏流动性但具有未来现金流的资产转换成流通的证券，迎合了银行经营模式的转变，满足了机构投资者对风险低、流动性高的资产的需求。而资产证券化证券可销售性的基础是定价技术，其中重要的方面是资产池成本的核算以及定量模型的构建。随着我国政策的不断放开，交易机制的不断完善，以及定价方法的不断改进，越来越多的投资者会参与到资产证券化产品的交易中来。完善的定价体系必然可以为未来资产证券化业务在我国的迅速发展提供坚实的基础。

资产证券化定价模型构建的特殊性在于其有着特殊的风险特征，即提前偿付风险和违约风险（Lou，2007），因此，资产证券化产品被视为附带各种期权的债务融资工具。目前，资产证券化定价的研究都集中于相对估值下的期权定价方法中，大量的文献研究是发展或重构提前偿付和违约模型。因为相对估值法下的定价机制都是风险中性概率下的测度，即假设市场的完整性和资产价格的可复制性，所以当前研究基于利率的模型构建较多，但基于真实测度下现金流的模型构建则较少。

本书主要从以下几个方面对上述相关理论与实际问题进行研究。

第一，本书回顾了资产证券化主流定价方法的发展现状，并进行了综述。首先，对资产证券化定价中最常用的期权方法的演进进行了追溯。其



次, 美国抵押贷款支持证券 (mortgage - backed security, MBS) 和担保债务凭证 (collateralized debt obligation, CDO) 类的定价研究在其三大类资产证券化产品的研究中占据了较大比例, 而资产支持证券 (asset - backed security, ABS) 本质上与 MBS 一致, 是 MBS 技术在其他资产上的推广, 而且美国 ABS 类产品非常广泛, 显然无法穷尽, 所以, 只单独梳理了 MBS 和 CDO 的定价研究发展过程。然后介绍了国内关于资产证券化定价的研究现状。最后对本书的定价方法和已有的定价理论进行比较分析, 发现资产证券化定价中的关键点是资产池中资产组合的现金流建模, 同时考虑到这些现金流的未来不确定性, 而当前的定价方法多集中在对提前偿付和违约行为的假设和模型构建上以获得这两部分的期权价值, 同时, 在无风险测度下对利率通过不同的模型构建路径选择, 最后为资产证券化产品定价。现行的定价方法通过不同的利率路径模拟和提前偿付与违约的行为假设考虑风险, 而很少从真实的现金流角度考虑通过模型的构建为资产证券化产品定价。

第二, 本书采用精算原则为资产证券化定价构建一般模型。资产证券化定价中的关键环节是资产池设计, 即对资产池进行成本定价和分层设计。在资产证券化中, 偿付所支撑证券本金和利息的来源是资产池产生的未来现金流, 这是资产证券化的基础, 所以被证券化的是经过组合后的资产池的现金流, 而不是资产本身。资产证券化的发起人根据自己的证券化目标, 通过选择、分类、组合能产生预期现金流的基础资产, 以保障所支撑证券顺利偿付。而证券的设计可以由发起人根据投资者的风险偏好进行不同的期限分割和信用增进。所以, 资产证券化定价中最为关键的核心是对资产池成本的定价, 而其中最重要的是对资产池中基础资产的未来不确定现金流进行估计。由于资产证券化运行的特点, 其基础资产的选择标准是资产数量多、资产特征相似、债务人的地域和人口统计分布广泛、现金流稳定且可预测、资产的历史状况比较平稳、原始权益人对该资产持有时间较长且信用记录良好等。这些特征与基于大数法则要求数量多、同质化的精算原则的特点高度契合。

进而, 本书在对精算原则进行回顾与整理的前提下, 发现: 首先, 资产证券化产品中未来每期都会有现金流进出, 且有诸多风险将会影响到现

金流的金额大小,因此在资产证券化定价中可以类比寿险精算定价中对未来生命分布的研究;其次,多状态马尔可夫模型是一种有别于传统寿险精算模型的方法,其模型中固定数目的多状态之间有相互转移的可能性和相应的转移概率,这些转移概率正是进行保单设计以及保费和准备金计算的基础。尤其涉及不同的健康状态分类和状态的转移时,该方法更能发挥其优势。因此,本书将资产证券化中未来现金流拆分为五种状态:正常偿还、完全偿还、部分偿还、中断偿还、延迟偿还,在此基础上应用多状态马尔可夫模型构建资产证券化定价一般模型。

第三,本书运用所构建的定价一般模型对我国已发行的主要资产证券化产品分别进行定价模型的构建和完善,并运用实证分析方法完成模型检验和评估,应用实际案例检验了精算原则下的定价方法的合理性。

首先,本书基于所构建的定价一般模型,结合个人住房贷款资产支持证券(residential mortgage-backed securities, RMBS)的特点建立具备巨灾特征的RMBS现金流精算定价模型,同时利用邮元2014-1RMBS进行实证检验,对资产池的初始成本、每期现金流进行计算。并将结果进行利率、违约概率、部分偿还比例敏感性分析,发现利用本书所构建模型计算现金流得出的资产池成本与该案例初始资产池的成本误差为1.12%,验证了本书所创新的模型较好。由于在上述结果中已经得到了邮元2014-1RMBS的每期现金流情况,故针对每个时点 t ,本书都能得到 t 时刻已缴清金额与剩余贷款金额。之后本书将基于RMBS的现金流情况对证券的期限结构和信用分层设计方案进行了分析,发现在证券化产品设计阶段,各层级在不同条件的提前偿付率(conditional prepayment rate, CPR)假设下可以确定各自的加权平均期限,或者通过对各层级的投资者的路演沟通并考虑市场情况,也可以确定各层级的期限结构,通过本书所构建的模型可以计算在不同期限结构下已缴清金额占总贷款金额的比重,按各层级投资者所需期限进行分割,加以考虑信用增进等成本,即可确定证券化产品各层级的价格。

其次,本书结合一般模型与个人汽车抵押贷款资产支持证券(auto asset-backed securities, Auto-ABS)的特点建立了具备汽车折旧违约特征的



Auto - ABS 现金流精算定价模型, 同时利用唯盈 2015 - 1 Auto - ABS 进行实证检验, 得出的资产池成本与该案例初始资产池的成本误差为 1.03%, 较好地验证了本书所构建的一般模型。其中, Auto - ABS 与 RMBS 构建定价模型中最大的不同在于, Auto - ABS 的抵押资产为汽车, 它是一种价值随着时间的推移而迅速减少的损耗品, 其贷款余额在贷款发生后很短时间内很可能就高于汽车本身的价值。此时, 理性经济人将会有很大的概率选择违约处理, Auto - ABS 将会面临违约风险。

最后, 本书对精算定价一般模型就其他类资产证券化产品展开了适用性研究。因为, 随着国内金融市场的不断发展, 我国所需要的资产证券化种类也在不断增多, 只有定价方法的不断改进, 越来越多的投资者才会参与到资产证券化产品的交易中来, 定价体系才会越来越完善, 这是未来资产证券化业务在我国迅速发展的基础。

综上所述, 本书的核心观点与结论为:

资产证券化定价中引入精算原则是合理的。精算是利用数理模型来估计和分析未来不确定事件产生影响的一门应用学科, 在金融中凡是涉及不确定性的问题都可以用精算原则加以分析和解决, 这为运用精算方法解决资产证券化的定价问题提供了理论依据。资产证券化产品中每期都会有现金流进出, 且有诸多风险将会影响其现金流金额的大小。而寿险精算定价中对未来生命分布的研究, 也将考虑现金流及其风险影响因素, 这与资产证券化定价机制高度契合。

从理论角度出发, 本书所建立的模型算法可应用于任意一类资产证券化产品。若未来对资产证券化产品的资产池逐单信息化, 建立专属的证券化产品资产池数据库, 可利用本书的模型算法进行编程产品化, 也使之成为一个衡量、计算资产证券化产品各类信息、价值的工具产品, 只要某一证券化产品具有上述数据库所需要的信息, 本书的模型算法即可计算出所需的资产证券化资产池的价值, 并可进一步对产品的后续发展提供战略性的数据、理论支持。

与现有的研究相比, 本书的工作存在以下几点创新:

第一, 将精算方法引入资产证券化定价中, 构建了资产证券化定价的

规范一般模型。本书将精算方法引入具有数量多、同质化程度高的基础资产的资产证券化产品定价中，基于大数法则，利用精算的原则与方法，构建多状态马尔可夫模型，对债务人的偿付现金流进行了状态分析，并对债务人的偿付行为进行理论模型的构建。具体而言：首先，将资产证券化中的债务人的现金流偿付情况进行多状态分解——正常偿还、完全提前偿还、部分提前偿还、中断偿还、延迟偿还；其次，利用马尔可夫过程中的转移概率来对资产证券化定价中所遇到的可影响现金流的风险因素（提前偿付风险、违约风险等）进行量化处理；最后，基于精算现值概念与精算等价原理，对资产池的成本、每期现金流进行估计。

第二，从理论和实证两个方面为资产证券化定价提供一种崭新的探索思路。本书为资产证券化构建了规范的精算定价模型，并结合我国已发行的资产证券化产品的自身风险特征，将精算定价原理应用于各类资产证券化产品中。另外，利用本书的模型对 RMBS 与 Auto - ABS 已发行的产品进行资产池成本与每期现金流的估算，并与市场中现行的资产池初始成本结果进行比较，结果较为合理。同时，本书基于每期现金流的预测情况，对证券的期限结构和信用分层设计方案提供建议。随着资产证券化市场的迅速发展，本书的定价模型针对各类证券化产品的基础资产风险特征加以修改和完善即可推而广之，为资产证券化定价方法的探索提供了一种创新思路。

目 录

第一章 导论	1
第一节 研究背景和意义	1
第二节 研究内容、方法与结构安排	6
第三节 本书的创新与不足	9
第二章 文献综述	11
第一节 前言	11
第二节 资产证券化定价研究现状	13
第三节 文献分析与评论	32
第三章 资产证券化定价与精算原则	34
第一节 资产证券化定价方法的总结	34
第二节 资产证券化资产池的特征	43
第三节 精算方法的回顾	44
第四节 多状态马尔可夫模型	47
第四章 资产证券化产品精算定价的一般框架	51
第一节 证券化资产池现金流及状态假设	51
第二节 证券化资产池现金流精算估计	56



第五章 RMBS 的精算定价模型及实证检验	70
第一节 RMBS 资产池现金流精算定价模型	70
第二节 RMBS 精算定价模型参数估计	75
第三节 基于邮元 2014 - 1RMBS 的实证检验	78
第六章 Auto - ABS 的精算定价模型及实证检验	98
第一节 Auto - ABS 资产池现金流精算定价模型	98
第二节 Auto - ABS 精算定价模型参数估计	102
第三节 基于唯盈 2015 - 1Auto - ABS 的实证检验	103
第七章 寿险精算定价方法对其他类资产证券化的 适用性研究	119
第一节 其他类资产证券化产品分析	119
第二节 未来应用	127
第八章 总结与展望	130
第一节 主要结论和政策建议	130
第二节 进一步研究	132
参考文献	133
附录	152
后记	158

第一章

导论

第一节 研究背景和意义

一、研究背景

(一) 资产证券化的发展背景

资产证券化发端于美国。20 世纪七八十年代，首先发展出住宅抵押贷款过手证券以满足购房者的融资需求，为婴儿潮一代的住房需求提供了大量的资金来源。住宅抵押贷款证券化的成功又促使银行扩大了基础资产的范围，资产证券化开始涉及商业房产、学生贷款、信用卡、汽车贷款等多个领域。伴随着利率市场化进程的推进，资产证券化迎合了银行经营模式的转变，满足了货币市场基金等机构投资者对风险低、流动性高的资产需求。经过 40 多年的发展，资产证券化已成为美国固定收益市场重要的一个板块，其无论在市场规模、产品类型、制度安排、定价机制和投资者结构方面都处于世界领先地位。

我国自 20 世纪 90 年代开始探索资产证券化业务，直到央行、银监会在 2005 年 4 月 28 日颁布实施《信贷资产证券化试点工作管理办法》后，才正式开启了资产证券化的进程。目前我国资产证券化主要有三种模式：信贷资产证券化、企业资产证券化、资产支持票据，它们在发起人、基础资产、交易结构、信用增级、监管部门等方面都有所不同，如其监管部门



分别是银监会、证监会和交易商协会。其中，银监会主管的信贷资产支持证券在发行数量和金额上比重较大。我国证券市场已发行的主流资产证券化产品为个人住房贷款资产支持证券（residential mortgage-backed securities, RMBS）、个人汽车抵押贷款资产支持证券（auto asset-backed securities, Auto-ABS）和信贷资产支持证券（collateralized loan obligation, CLO），这三类的规模占到了资产证券化市场总量的 80%。

但是，在市场广度和深度上，我国当前资产证券化的发展与发达国家相比差距较大。我国资产支持证券规模占 GDP 比重只有 0.5%，远低于美国的 60%，也低于日本的 3.6% 和德国的 2.8%。^① 一部分原因是资产证券化在中国起步较晚，相关机制远未成熟，已经发行的证券化产品资产池中资产的质量都非常高。而且无论是银行间市场还是交易所市场，我国还没有出台专门统一的配套交易细则，因此造成了较低的二级市场流动性，使大多数投资者选择持有到期，提高了流动性溢价。另一部分原因是探索和建立符合中国国情的资产证券化体系需要假以时日。资产证券化诞生于欧美法系国家，在中国作为舶来品存在着先天的水土不服，比如国内上位法的支持不足阻碍了资产证券化的发展。还有如发行时间、中介费用、税收政策、基础资产种类等的限制，也降低了资产证券化产品的收益水平。而且信用基础和利率曲线方面的缺陷直接影响到定价机制的完善，进而加剧了二级市场的低流动性。这些因素都深深地影响着我国资产证券化的发展。

（二）资产证券化定价研究的背景

资产证券化在国外发展已较为成熟，其证券化产品被划分为“可赎回债券”的一类。由于通过资产证券化可以相对容易地创造杠杆，所以其在全球市场上获得了指数性增长。资产证券化在世界范围内的广泛分布和再包装，甚至进入了高杠杆的金融工具序列中，这为易受系统性风险影响的结构化信用工具提供了在全球市场中的机会。资产证券化证券可销售性的基础是定价和风险管理技术，这些技术考虑了定价公式和对冲机制。在资产证券化中一个重要的方面是定量模型和结构化的构建。而其中的关键点

^① 数据主要来源于《中国资产证券化白皮书（2016）》及 Wind 资讯、中国资产证券化分析网统计修订。

是为这些资产组合的现金流建模，同时考虑这些现金流的未来不确定性。

虽然，目前大部分研究集中于对各个国家、地区资产证券化发展的历史经验的总结与评析，特别是对资产证券化市场发展最早、规模最大的美国研究居多。但是，随着资产证券化的品种在不断推新，相关领域也在逐步拓宽，资产证券化各品种的定价研究也在逐渐增多，例如抵押支持证券（mortgage-backed securities, MBS）、担保债务凭证（collateralized debt obligation, CDO）等的定价都是现在主要研究和关注的对象。

资产证券化的定价方法主要分为相对估值法和绝对估值法^①两种定价模式。当前实务中，资产证券化产品主要使用相对估值法进行定价。相对估值法是用证券化产品的收益率与对应的基准收益率进行比较，其常用的基准收益率主要为国债收益率、特定评级证券收益率和同一发行人同类产品收益率。由于从20世纪80年代开始国际清算银行推动了《巴塞尔资本协议》，信用风险模型成为一个重要的研究方向，而且提前偿付和违约行为对于资产证券化产品的投资者影响非常大，所以信用风险模型和提前偿付模型成为资产证券化定价中的核心研究内容。

二、研究意义

我国当前金融体制改革不断深化，必然要求对资产证券化各个相关问题，尤其是定价机制应加强研究。虽然目前我国资产证券化最核心的问题是制度的完善，但是源自我国大陆法系和英美法系不同而造成的信托法的不完善引发很多问题，如无法彻底构建破产隔离等，使得我国无法快速引入美国已经成熟的资产证券化市场架构和产品；而且从投资者的需求角度出发，社会制度的不完善还体现在整个融资领域，居高不下的融资成本抬高了投资者的期望，也影响到了现行资产证券化的发行和推广，这需要整体金融乃至政治制度的完善。但是，一旦制度完善之后，在合理的市场竞争环境下，源自供给方的定价机制必然成为核心。随着政策的不断放开，交易机制的不断完善，以及定价方法的不断改进，越来越多的投资者会参与到资产

^① 绝对估值法是指计算未来现金流的现值，由此确定出绝对的价格。绝对估值更多地使用在商品、股票等的定价上。在资产证券化产品中并不常使用。



证券化产品的交易中。完善的定价体系必然可以为未来资产证券化业务在我国的迅速发展提供坚实的基础。因此资产证券化定价方法的研究和探索对解决当前中国经济发展中的现实问题，具有十分重要的意义。

资产证券化的定价目前比较常用的是相对估值法下的静态现金流收益法（static cash flow yield, SCFY）、静态利差法（static spreads, SS）和期权调整利差法（option-adjusted spread, OAS）。美国市场中，资产证券化定价主要采用期权调整利差法。而我国由于利率市场化程度较低，资产证券化业务发展时间较短，再加上缺少足够的提前偿付率和违约率数据，目前国内采用比较多的是静态现金流收益法，即一年定存利率+固定利差的定价方法，固定利差综合考虑可比证券的收益率、信用风险、早偿风险、流动性风险和资金面状况等因素，但是由于利差的确定严重依赖经验主义，定价的优劣更多取决于项目人员的主观技术水平。而且我国现行债券的收益率与国债收益率数据受制于利率市场化的缓慢进程，不是很充分，所以也影响了我国静态利差法的使用。并且这两种方法因为都未考虑提前偿付和违约的期权价值，所以定价偏高。而我国在使用期权调整利差法时，由于资产证券化历史数据极其有限，所以大多借鉴国外的相关数据和模型，导致了我国现行使用期权调整利差法时存在很大缺陷。

本书采用精算原则为资产证券化产品定价^①，构建了一套完整的定价体系，该方法是对相对估值法的一种扩展。精算原则是基于大数法则对未来不可预测的风险进行量化，包括对货币时间价值的考虑和对事件不确定性的考虑，其中事件不确定性包括金额的不确定和时间的不确定。所以，金融中涉及不确定性的问题都可以用精算学的思想加以分析和解决，这就是精算原则解决资产证券化定价问题的理论依据。

（一）本研究的理论意义

1. 为分析和研究资产证券化定价机制提供了一种探索思路。目前资产证券化相对估值法下的定价机制都是风险中性概率下的测度，即假设市

^① 当前我国，精算方法在资产证券化定价实践中的应用探索已经开始，如华鑫证券就专门组建了精算团队，对某些资产证券化产品定价展开了研究。但由于涉及商业机密，华鑫的精算模型尚未公开，本书无法了解到其研究进展情况，并和本书的模型进行比较。

场的完整性和资产价格的可复制性。目前，基于利率的研究较多，但基于现金流的研究则较少。本书的精算定价方法对于相对估值法进行了扩展，相比主流的三种方法都有一定的改进和深化。首先，与静态现金流收益法相比，本书运用了动态现金流；其次，与静态利差法相比，本书把风险考虑在现金流里，而不是把风险考虑在利率里；最后，与期权调整利差法相比，本书基于大数法则，运用的是精算原则，不改变真实测度，贴现的时候考虑风险利率，并将真实现金流运用到马尔科夫状态模型中，进而构建了完整的现金流转移系数矩阵，而不是把测度放到风险中性概率下，贴现率使用无风险利率，所以本书精算原则定价中也包含了近期影响定价的其他因素，如政策因素等。因此，本书的精算原则为资产证券化定价提供了一个探索和研究思路，从而具有重要的理论意义。

2. 深化我国资产证券化领域基本理论的研究。从整体来看，我国资产证券化的研究还处于起步阶段，不成系统、缺乏体系；从文献来看，相关研究非常滞后，与我国当前经济转型与金融体制改革的迫切需要相距甚远，更谈不上理论的指导作用。因此，本书紧密联系我国现行主流资产证券化产品的定价实践，运用精算原则扩展了资产证券化的定价方法，并深化了基本理论研究，从而具有学术意义。

（二）本研究的现实意义

1. 对于资产证券化的发行人来说，证券的成功发行、风险的有效控制、利润的合理增加有赖于准确地匡算发行证券的价格以及相关风险。本书所构建的资产证券化产品精算定价的一般模型，可以做到更加精准地对资产池成本定价，使得发起人和发行人清晰地获得资产池中资产的各期限分配比例，进而可以使证券发行的规模更加精确，而且可以在证券设计时更好地按照投资者需求进行期限分割和信用分层。

2. 对投资者来说，资产支持证券的合理定价对其在证券市场上的操作和正确评价提供了一个分析思路。只有投资者能够分析不同经济条件下资产支持证券的现金流表现，资产证券化的持续扩张才具备稳固的投资需求基础，进一步的发展才具备实践路径的选择。美国次贷危机后，资产证券化的发展面临新的瓶颈，进一步探寻我国资产证券化的发展方向和途