

学校编码: 10384

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

学号: B200442016

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

博 士 学 位 论 文

**中国抵押支持证券定价与设计研究**

**The Study of the Pricing and Design of Chinese  
Mortgage Backed Securities**

马 喜 德

指导教师姓名: 郑振龙 教授

专业名称: 金融工程

论文提交日期: 2007年4月

论文答辩时间: 2007年6月

学位授予日期: 2007年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2007年4月

# 厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其它个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日



## 论文摘要

抵押支持证券 (Mortgage Backed Securities, 简称 MBS) 是二十世纪七十年代以来在美国开始出现并得到迅速发展的一项重要的金融创新, 目前其已经成为美国债券市场上规模最大的固定收益产品, 也是目前美国金融市场上最重要的融资工具和投资品种之一, 对美国乃至全世界金融市场和经济的发展都具有非常重要的意义。由于受一些制度上的约束, 抵押支持证券在我国的发展才刚刚起步。2005 年 12 月 15 日, 中国建设银行成功发行首批抵押支持证券, 标志着抵押支持证券在我国的发展正式启动。但是, 由于目前国内的投资者对于抵押支持证券并不是很熟悉, 加上受一些技术上的限制很难为抵押支持证券进行合理的定价, 因此抵押支持证券目前在中国银行间债券市场的流动性并不是很好, 上市至今没有达成一笔交易。由于目前我国对抵押支持证券在理论和实践上的研究存在一定的不足, 因此本文拟对抵押支持证券的定价原理、风险管理策略和产品设计方法进行系统的研究, 以推动抵押支持证券在中国的进一步发展。

本文首先对目前国内外对抵押支持证券的研究进行一个概述, 然后对在抵押支持证券定价过程中用到的利率动态模型、提前偿还模型、信用风险模型做一个比较全面的研究和探讨, 同时对抵押支持证券进行定价的三种方法 (到期收益率法、静态利差法和期权调整价差法) 进行比较, 分析其各自的优点和不足。接着根据中国的实际情况, 设计适合对中国抵押支持证券进行定价的提前偿还模型, 并对目前中国市场上现有的一支抵押支持证券 (2005 建元 MBS) 进行定价研究和敏感性分析。研究结果发现 “2005 建元 MBS” 的发行定价被严重高估。之后, 本文对抵押支持证券的风险分析与控制进行探讨, 研究如何度量抵押支持证券的风险, 并进行相应的风险防范。最后, 本文对中国抵押支持证券的产品设计进行分析, 研究发行抵押支持证券的成本与收益, 并对抵押支持证券的发行结构和具体操作流程进行简要的介绍, 同时针对目前中国的现状, 着重对抵押贷款资产池的构建以及具体交易品种的设计提出建议。

总而言之, 本文是在对国内外抵押支持证券研究成果综合考察的基础上对中国抵押支持证券的定价、风险管理以及产品设计方面所做的一个比较深入的研究。在研究过程中始终贯穿着对中国实际情况的考察, 探讨中国抵押支持证券在发展过程中存在的问题, 并提出相应的解决方案。

**关键词:** 抵押支持证券; 资产定价; 提前偿还

## **Abstract**

Mortgage Backed Security emerged in 1970s in America. Now it has become one of the most important financial innovations and the most popular fixed income products in America. It is significant to the financial market and the global economic development. But due to some restrictions, MBS is new to China. On Dec 15<sup>th</sup> 2005, the successful issuing of “2005-1 MBS” by China Construction Bank marked the development of MBS in China was triggered. However, because the domestic investors are not familiar with the MBS, the pricing of the MBS seems very difficult for them. The liquidity of the MBS is not very well in China. Therefore, with the hope to do some good to the development of the MBS in China, the paper is aimed at making some research on the pricing theory, risk management strategy and designing method of the MBS.

Firstly, the paper reviews the research on the MBS. Then the paper investigates the interest term structure model, prepayment model and the credit risk model. At the same time it compares three pricing methods of the MBS. Secondly, according to the matter of fact in China, the paper designs a prepayment model for the Chinese MBS. In the empirical part, the paper prices the “2005-1 MBS” with the prepayment model, and finds that it is deeply overvalued. Thirdly, the paper focuses on the risk management of the MBS. It makes some research on how to measure the risks of the MBS and how to control them. Finally, the paper makes some research on how to design the MBS. We compare the cost and the benefit of the issuing of the MBS, and introduce its framework and the procedure. At last, we give some useful advice to the choice of the mortgaged assets and the Design of the product.

To sum up, the paper is a full and systematic research on the pricing, risk management and product Design of Chinese mortgaged backed securities, including the theoretical analysis, empirical study and useful suggestions.

**Key Words:** Mortgage Backed Securities; Asset Pricing; Prepayment.

# 目录

<b>1. 导论</b> .....	<b>1</b>
1.1 研究现状与选题意义 .....	1
1.2 研究目标、研究方法与主要结论 .....	3
1.3 主要创新与不足 .....	5
1.4 论文的结构安排 .....	6
<b>2. 抵押支持证券研究概述</b> .....	<b>8</b>
2.1 抵押支持证券概述 .....	8
2.1.1 抵押支持证券的产生和发展 .....	8
2.1.2 抵押支持证券的主要品种和基本特征 .....	10
2.2 国外抵押支持证券研究现状述评 .....	14
2.3 国内抵押支持证券研究现状述评 .....	16
<b>3. 抵押支持证券定价的理论基础</b> .....	<b>19</b>
3.1 利率动态模型 .....	19
3.1.1 均衡模型 .....	19
3.1.2 无套利模型 .....	21
3.2 提前偿还模型 .....	24
3.2.1 经验模型 .....	24
3.2.2 理性提前偿还模型 .....	27
3.2.3 统计模型 .....	29
3.3 信用风险模型 .....	33
3.4 二叉树模型与蒙特卡罗模拟 .....	35
3.4.1 二叉树模型 .....	35
3.4.2 蒙特卡罗模拟 .....	36
<b>4.抵押支持证券定价的一般原理</b> .....	<b>38</b>
4.1 抵押支持证券的定价方法 .....	38
4.1.1 到期收益率法 .....	38
4.1.2 静态利差法 .....	39
4.1.3 期权调整价差法 .....	40

4.2 定价方法的比较分析 .....	42
<b>5.中国抵押支持证券定价研究 .....</b>	<b>45</b>
5.1 “2005 建元 MBS”的基本特征.....	45
5.2 定价研究设计 .....	49
5.2.1 模型构建 .....	49
5.2.2 利率基准与数据来源 .....	55
5.2.3 定价分析过程 .....	56
5.3 信用风险分析 .....	56
5.4 研究结果分析 .....	60
5.4.1 定价结果 .....	60
5.4.2 敏感性分析 .....	61
<b>6.抵押支持证券的风险分析与控制 .....</b>	<b>65</b>
6.1 抵押支持证券风险概述 .....	65
6.1.1 提前偿还风险 .....	65
6.1.2 信用风险 .....	65
6.1.3 利率风险 .....	66
6.1.4 流动性风险 .....	66
6.2 抵押支持证券风险的度量 .....	67
6.2.1 提前偿还风险的度量 .....	67
6.2.2 信用风险的度量 .....	68
6.2.3 利率风险的度量 .....	70
6.2.4 流动性风险的度量 .....	73
6.3 抵押支持证券风险管理策略 .....	74
6.3.1 提前偿还风险的防范 .....	75
6.3.2 信用风险的防范 .....	75
6.3.3 利率风险的防范 .....	77
6.3.4 流动性风险的防范 .....	77
<b>7. 中国抵押支持证券的设计研究.....</b>	<b>78</b>
7.1 发行抵押支持证券的成本与收益分析 .....	78

7.1.1 发行抵押支持证券的成本 .....	78
7.1.2 发行抵押支持证券的收益 .....	79
<b>7.2 抵押支持证券的发行结构与运作流程 .....</b>	<b>79</b>
7.2.1 发行结构 .....	79
7.2.2 运作流程 .....	81
<b>7.3 抵押支持证券资产池的构建 .....</b>	<b>83</b>
<b>7.4 抵押支持证券的品种设计 .....</b>	<b>84</b>
<b>8.结论及未来的研究方向 .....</b>	<b>86</b>
<b><u>参考文献 .....</u></b>	<b><u>89</u></b>
<b>附录 1 对抵押支持证券进行定价的程序 .....</b>	<b>95</b>
<b>附录 2 对抵押支持证券定价结果进行敏感性分析的程序 .....</b>	<b>101</b>
<b>后 记 .....</b>	<b>104</b>



# Contents

<b>1. Introduction</b>	<b>1</b>
1.1 The Background and Significance	1
1.2 Purpose, Methodology and Main Conclusions	3
1.3 Innovations and Shortcomings	5
1.4 Framework of the Paper	6
<b>2. Reviews of Research on MBS</b>	<b>8</b>
2.1 Basic concept and Summarization	8
2.1.1 The Generation and Development of MBS	8
2.1.2 Main Types and Feature of MBS	10
2.2 Reviews of foreign research on MBS	14
2.3 Reviews of domestic research on MBS	16
<b>3. Theoretical Foundations of the Pricing of MBS</b>	<b>19</b>
3.1 Interest Rate Term Structure Model	19
3.1.1 Equilibrium model	19
3.1.2 Non-arbitrage Model	21
3.2 Prepayment Model	24
3.2.1 Empirical model	24
3.2.2 Rational Prepayment Model	27
3.2.3 Statistical Model	29
3.3 Credit Risk Model	33
3.4 Binomial Tree and Monte Carlo Simulation	35
3.4.1 Binomial Tree Model	35
3.4.2 Monte Carlo Simulation	36
<b>4. Principle of Pricing of MBS</b>	<b>38</b>
4.1 Pricing Method of MBS	38
4.1.1 Yield to Maturity Method	38
4.1.2 Static Spread Method	39
4.1.3 Option Adjusted Spread Methods	40
4.2 Comparison of the Three Method	42
<b>5. Empirical Research on MBS in China</b>	<b>45</b>
5.1 The Basic Features of “2005-1 MBS”	45
5.2 Design of the Pricing Procedures	49
5.2.1 Design of the Model	49
5.2.2 Benchmark and Data	55

5.2.3 Pricing Procedures-----	56
<b>5.3 The Credit Risk of “2005-1 MBS” -----</b>	<b>56</b>
<b>5.4 Analysis of the Results-----</b>	<b>60</b>
5.2.1 Results-----	60
5.2.2 Sensitivity Test -----	61
<b>6. Measures and Management of the Risks of MBS-----</b>	<b>65</b>
<b>6.1 Main Risks of MBS -----</b>	<b>65</b>
6.1.1 Prepayment Risk -----	65
6.1.2 Credit Risk -----	65
6.1.3 Interest Rate Risk -----	66
6.1.4 Liquidity Risk -----	66
<b>6.2 Measure of the Risks of MBS -----</b>	<b>67</b>
6.1.1 Measure of Prepayment Risk of MBS-----	67
6.1.2 Measure of Credit Risk of MBS -----	68
6.1.3 Measure of Interest Rate Risk of MBS -----	70
6.1.4 Measure of Liquidity Risk of MBS -----	73
<b>6.3 Management of the Risks of MBS -----</b>	<b>74</b>
6.1.1 Management of Prepayment Risk of MBS-----	75
6.1.2 Management of Credit Risk of MBS -----	75
6.1.3 Management of Interest Rate Risk of MBS -----	77
6.1.4 Management of Liquidity Risk of MBS -----	77
<b>7. Design of Chinese MBS-----</b>	<b>78</b>
<b>7.1 The Cost and Benefit of Issuing MBS -----</b>	<b>78</b>
7.1.1 The Cost of Issuing MBS -----	78
7.1.2 The Benefit of Issuing MBS -----	79
<b>7.2 Framework and Procedures of Issuing MBS -----</b>	<b>79</b>
7.2.1 Framework -----	79
7.2.2 Procedures-----	81
<b>6.3 Construction of Asset Pool of MBS -----</b>	<b>83</b>
<b>6.4 Design of MBS Products-----</b>	<b>84</b>
<b>8. Conclusions and Future Research-----</b>	<b>86</b>
<b>Bibliography-----</b>	<b>89</b>
<b>Appendix 1. Programs of the Pricing of MBS-----</b>	<b>95</b>
<b>Appendix 2. Programs of the Sensitivity Test of MBS -----</b>	<b>101</b>
<b>Postscript-----</b>	<b>105</b>

## 1. 导论

本章简要介绍抵押支持证券的研究现状、研究意义、研究目的、研究方法和研究结论。总共分四节，第一节介绍研究现状与选题意义，第二节介绍研究目标、研究方法和主要结论，第三节介绍主要创新与不足，第四节是本文的结构安排。

### 1.1 研究现状与选题意义

资产证券化债券是二十世纪七十年代以来在美国开始出现并得到迅速发展的一项重要的固定收益产品。它是指发起人将缺乏流动性、但未来又可以产生稳定现金收入的资产组合(即基础资产)打包,出售给特定的发行人,或者信托给特定的受托人,从而创立的一种以该基础资产产生的现金流为支持的一种金融工具或权利凭证。

根据基础资产的不同,资产证券化债券可划分为抵押支持证券(Mortgage-Backed Securities,简称MBS)和资产支持证券(Asset-Backed Securities,简称ABS)两大类。抵押支持证券(MBS)的基础资产是住房抵押贷款,资产支持证券(ABS)的基础资产是除住房抵押贷款以外的其它资产,比如汽车贷款、信用卡贷款、学生贷款、应收账款等。它们两者最大的区别在于MBS是以借款人不动产产权抵押作为担保的,而ABS的担保则是建立在资产及资产本身信用基础上的。

由于创造流动性和分散风险的独特功能,资产证券化债券得到了广泛的发展,目前已成为美国固定收益产品市场中规模最大的品种。据美国债券市场协会统计,截至2005年第三季度,美国抵押支持证券(MBS)余额已达5.9万亿美元,资产支持证券(ABS)余额2.0万亿美元,两项总和7.9万亿美元,占美国债务市场25.3万亿美元的31%;当年发行额占债券总发行额的54%。而同期美国市政债券余额仅为2.2万亿美元,国债市场余额为4.2万亿美元,联邦政府债券市场余额为2.6万亿美元,货币市场工具余额为3.5万亿美元,公司债券市场余额为5.0万亿美元。可见,资产证券化债券已经成为美国资本市场最重要的融资工具,对美国经济和金融市场产生了巨大影响。

虽然资产证券化债券目前在发达国家已经取得了较大的发展,但是在我国却才刚刚开始起步。2005年12月15日,中国建设银行成功发行首批抵押支持证券(2005建元MBS),标志着我国资产证券化债券的发展正式启动。由于,抵押支持证券在中国尚属比较新鲜的事物,因此国内学者对于其研究并不是很深入,

尤其是对于抵押支持证券的定价、保值和产品设计还不够完善，因此本文的目的是对抵押支持证券的定价原理、风险管理策略和产品设计方案进行系统的研究，以推动抵押支持证券在中国的进一步发展。

当前在我国大力推动抵押支持证券的发展对改善商业银行经营管理和发展资本市场都具有重要的意义。

首先，推动抵押支持证券的发展能促进商业银行改进资产负债结构，防范流动性风险。银行的贷款在发放后通常就作为存量资产进入贷后的被动持有和管理，由于没有贷款的二级市场，对存量资产调整、优化的余地非常小。近年来，银行资产长期化、负债短期化趋势明显，信贷期限结构错配问题十分突出，流动性风险比较大。发行抵押支持证券为银行提供了对存量资产进行调整和优化的手段，可以使银行及时、灵活、主动地调整其资产负债结构，提高信贷资产的流动性，分散和转移期限结构错配的风险。

其次，推动抵押支持证券的发展能促进银行优化收入结构，提高资本充足率。传统的商业银行往往依靠存、贷款利差生存，随着资本市场发展、竞争加剧，中间业务收入占商业银行收入来源的比重正在不断增加。在发行抵押支持证券过程中，商业银行通常作为发起机构，受委托为证券化资产提供管理和服务，获取服务报酬。由于抵押支持证券已经从银行表内移出，银行提供的贷款管理服务属于表外的中间业务，这可以强化银行的金融服务中介功能，增加新的利润增长点，由持有贷款获取利息收入转换为提供贷款服务获取无风险服务费收入，从而逐步改变银行以利差收入为主的状况，有效改善银行的收入结构。与此同时，由于表内资产减少，存贷款比例降低，银行为承担业务风险而准备的资本金可相应减少，资本充足率会有所提高。

再次，推动抵押支持证券的发展能健全市场定价机制，协助商业银行分散风险。当前，我国社会融资体系还是以间接融资为主，过度依赖商业银行贷款，主要依靠银行来判断风险、配置资金并承担风险。在商业银行对外贷款过程中，由于种种原因，容易形成对某一行业、某一地区或某类客户贷款过度集中的情况，使得银行面临很高的非系统性风险，不利于资源的优化配置和金融市场的稳定。发行抵押支持证券则可以有效地防范和降低银行贷款过于集中的风险，通过将过度集中的部分贷款证券化，并将所获资金运用于其它领域，可以有效地降低商业贷款的集中度，分散风险。另外，抵押支持证券的发行还有利于发动众多的投资

者共同判断风险并最终确定资产价格，将原来集中于银行的信贷风险分散到证券市场，从而有利于金融资源的优化配置。

另外，推动抵押支持证券的发展还能增加投资者的选择，推动资本市场的发展。当前，我国金融改革正处在由间接融资为主向间接融资和直接融资并重、单一银行体系向多元市场体系过渡的过程中。抵押支持证券的发行可以将有稳定现金流但缺乏流动性的信贷资产转变为流动性较高的有价证券，为证券市场提供新的投资品种，也使证券投资者能间接投资于基础设施、住房贷款等原本难以进入的领域，有利于促进多层次资本市场的发展和完善。

最后，推动抵押支持证券的发展有利于推动金融业的对外开放。从 2006 年底开始国内金融业将对外资金融机构全面开放。考虑到抵押支持证券在国外债券市场上所占份额较高，预计资产证券化业务将是外资金融机构进入中国市场的重要形式。目前欧洲抵押支持证券发行总量增加很快，从 1996 年的 327 亿欧元增长到 2004 年的 2435 亿欧元。而近年来，抵押支持证券在亚洲日本、韩国等也得到了快速发展。截至 2004 年末，整个亚洲市场资产证券化产品发行量从 1998 年的 70 亿美元上升到 680 亿美元。因此，国内银行业尽早进行对抵押支持证券的探索与实践，既有利于迎接外资金融机构的竞争，也有利于及时规范相关业务，保持市场稳定、健康发展。

由此可见，推动抵押支持证券在中国的发展对于商业银行、投资者、政府机构和资本市场都具有非常重要的意义，它是一种金融创新，也是加快金融体制改革、积极发展资本市场、维护金融稳定和金融安全的一项重要举措。因此深入研究抵押支持证券的定价原理、风险管理策略和产品设计方法具有很强的理论意义和现实意义。

## 1.2 研究目标、研究方法与主要结论

如前所述，随着制度上的障碍被解除，抵押支持证券产品在我国开始逐步推开，其未来的发展空间是相当广阔的，而此时加强对它的研究就显得迫在眉睫。抵押支持证券的发展在一个市场化的机制中要想获得成功，最重要的是要受到投资者的青睐，因此其定价的合理性就显得很关键，相应的风险分析和控制也很重要。本文的研究目的是在对国内外抵押支持证券研究成果综合考察的基础上，对抵押支持证券的定价原理、风险管理策略和产品设计方法进行系统的研究，以推动抵押支持证券在中国的进一步发展。

应该说，本文主要是站在投资者的角度分析和考虑问题的，不过就产品本身而言，这些问题对于债券投资者和债券发行人来说都一样重要。就方法论而言，本文采取了理论与实践相结合、定性分析与定量分析相结合的研究方法。在本文的研究中，既有对理论模型的构建，也有对目前市场上现有产品的实证分析，因此可以说做到了理论研究与实际应用相结合，具有一定的说服力。

本文的主要结论如下：

(1) 虽然目前国外对抵押支持证券的研究已经相当完善，但是我们并不能简单地将其应用到中国抵押支持证券的定价中。由于中国人消费和储蓄的习惯与外国人有很大的不同，借款人提前偿还住房抵押贷款的诱因也与外国人不尽相同，因此如果盲目地套用国外现有的模型对抵押支持证券进行定价，可能会得到错误的结论。

(2) 从目前现有的数据分析，中国人的提前偿还行为存在以下特征：首先，中国人没有形成借钱消费的习惯，随着贷款账龄的延长，提前还款率也在逐渐上升。其次，由于贷款利率上升会使中国人普遍对利息负担加重有所担忧，因此贷款基准利率上升对提前还款率影响比较大，贷款利率上升，提前还款率随之大幅上升。最后，在中国，提前还款也存在较为明显的“耗尽”（Burnout）效应。贷款基准利率上调引发的提前还款率大幅上升只是短期行为，长期影响不大。

(3) 本文构建了适合对中国抵押支持证券进行定价的提前偿还模型，并对目前中国市场上现有的一支抵押支持证券产品——“2005 建元 MBS”进行定价，结果发现“2005 建元 MBS”的发行价格被严重高估，根据其发行的票面利差，优先 A 级、B 级和 C 级证券隐含的 OAS 分别比市场合理估值低 41.73bp、55.46bp 和 51.98bp，投资价值有限。我们估计这很可能是其上市之后流动性不好的原因之一，其上市至今在银行间债券市场未能达成一笔交易。

(4) 本文通过“2005 建元 MBS”的期权调整价差对票面利差和提前偿还率变化的敏感性分析发现：第一，期权调整价差的绝对值低于票面利差的绝对值，并随着票面利差的增大而增大，两者存在一定的线性相关关系；第二，随着提前还款速度加快，抵押支持证券的加权平均回收期在缩短，期限调整价差相应有所上升，提前偿还期权的价值下降；第三，对于优先 A 级证券来说，随着提前还款速度增大，期权调整价差增加的幅度却逐渐在减小，而对于优先 C 级证券来说，随着提前还款速度增大，期权调整价差增加的幅度则基本不变；第四，当提前偿

还速度上升到一定程度时,具有 CMO 结构的债券的期权调整价差会出现明显的跳跃;最后,在“2005 建元 MBS”三个档次的优先级债券当中,优先 B 级证券的相对投资价值最低。

(5) 由于抵押支持证券在中国的发展尚处于起步阶段,因此我们建议在对抵押支持证券产品的设计过程中,在构建抵押贷款资产池时,要坚持“标准统一、风险分散”的原则,以降低资产池的构建成本和信用风险,同时提高对投资者的吸引力;在设计具体的交易品种时,要把握“循序渐进”的原则,从抵押支持证券发展的初期,以设计结构较为简单的转付证券(MPT)为主,待时机成熟,投资者对抵押支持证券的认知度提高时,再发行担保抵押贷款凭证(CMO)和其它衍生品种。

### 1.3 主要创新与不足

本文的主要创新为:

(1) 本文结合中国的国情,对影响中国人提前偿还住房抵押贷款的因素进行了分析,并提出了适合对中国抵押支持证券进行定价的提前偿还模型。

(2) 本文对目前中国市场上仅有的一支抵押支持证券“2005 建元 MBS”进行了系统的定价分析,并发现其发行价格被严重高估。

(3) 本文利用期权调整价差法对抵押支持证券进行定价,并在定价过程中综合采用了二叉树模型和蒙特卡罗模拟方法,较好地解决了对同时具有路径依赖期权和美式期权的债券进行定价的难题。

(4) 本文针对票面利差和提前偿还速度的变化对抵押支持证券价值的影响进行了敏感性分析,并得出很多重要的结论。

本文的不足主要体现在:

(1) 由于研究贷款者提前偿还行为的历史经验数据比较缺乏,本文建立的提前偿还模型还是相对比较简单。以后随着数据积累的逐渐丰富,可以进一步考虑采用更为丰富的函数形式。

(2) 由于文章篇幅所限,本文未能将不同的利率动态模型与提前偿还模型相结合来进行实证研究,从而为抵押支持证券定价。如果在这一方面进行更深入的研究,可以进一步提高定价结果的准确性,同时有效防止模型选择误差问题。

(3) 由于目前我国对债券信用风险方面的研究比较薄弱,研究数据比较少,因此本文只能采用相对定价法来对“2005 建元 MBS”定价是否合理进行判断,其

结果依赖于目前市场上其它固定收益产品价格的有效性，因此未来随着对抵押支持证券信用风险研究的进一步深入，可以考虑同时采取绝对定价法进行定价，提高定价结果的准确性。

## 1.4 论文的结构安排

本文共分为八章。

第一章是导论。主要是介绍抵押支持证券的研究背景以及本文的选题意义、研究目的、研究方法、主要结论、创新和不足之处等。

第二章是抵押支持证券研究概述。主要对抵押支持证券的产生和发展、主要类型及其特征进行一个简要的介绍，同时对国内外目前现有的研究成果进行述评。

第三章是抵押支持证券定价的理论基础。主要是对在抵押支持证券定价过程中用到的利率动态模型、提前偿还模型、信用风险模型做一个比较全面的研究和探讨，同时对在定价过程中使用到的两种数值分析方法（二叉树模型和蒙特卡罗模拟）进行简要的介绍和比较。

第四章是抵押支持证券定价的一般原理。主要是介绍目前流行的对抵押支持证券进行定价的三种方法（到期收益率法、静态利差法和期权调整价差法），并通过比较，分析其各自的优点和不足。

第五章是中国抵押支持证券定价研究。主要是根据中国的实际情况，设计适合对中国抵押支持证券进行定价的提前偿还模型，同时选择合适的利率动态模型和信用风险模型，对目前中国市场上仅有的一支抵押支持证券（2005 建元 MBS）进行实证分析。在对“2005 建元 MBS”进行定价的同时，我们还就票面利差和提前偿还速度的变化对定价结果的影响做了敏感性分析，并得出了很多重要的结论。

第六章是抵押支持证券的风险分析与控制。主要是站在投资者的角度分析抵押支持证券所存在的风险，并研究如何对这些风险进行度量，同时提出相应的风险防范策略。

第七章是中国抵押支持证券设计研究。主要是站在发行人的角度，研究发行抵押支持证券的成本与收益，并对抵押支持证券的发行结构和具体操作流程进行简要的介绍，同时针对目前中国的现状，着重对抵押贷款资产池的构建以及具体交易品种的设计提出建议。



第八章是本文的结论。主要是总结本文在研究过程中得到的一些结论以及存在的一些问题，同时指出未来进一步研究的方向。

## 2. 抵押支持证券研究概述

本章主要对抵押支持证券的研究现状做一个比较全面的文献综述，总共分为三节。第一节主要对抵押支持证券的产生和发展、具体交易品种及其特征进行一个简要的介绍；第二节主要介绍国外的研究成果；第三节则主要介绍国内的研究现状。

### 2.1 抵押支持证券概述

#### 2.1.1 抵押支持证券的产生和发展

抵押支持证券诞生于上世纪七十年代的美国。70年代后期，美国利率开始大幅上升，这一方面使得短存长贷并且存款为浮动利率而贷款为固定利率的银行和储蓄贷款机构面临着日益严重的资产负债不匹配问题和存贷利差倒挂问题；另一方面，越来越多的银行存款账户的资金被一些新兴的货币市场工具以较高的利率吸收过去，使得银行流动性出现困难，于是专门向银行收购住房抵押贷款以提供流动性的金融机构应运而生。银行出售期限较长的住房贷款，既可以改善资产负债结构，又可以获得亟需的流动性；而这些金融机构购买了住房贷款后，便转售给政府信用机构或者以贷款为支持发行债券，于是这便催生了抵押支持证券的发展。

住房抵押贷款证券化虽然是由私人部门创新的，但真正推动其迅速发展的则是美国的政府部门。为了促进住房贷款的发放，美国政府一直积极发展住房贷款的二级市场，在抵押支持证券出现之前，就成立了联邦国家住房贷款协会(FNMA)、政府全国住房抵押贷款协会(GNMA)和联邦住宅抵押贷款公司(FHLMC)三家机构。这三家机构向银行和储蓄贷款机构购买了大量的住房贷款。80年代初，这三家机构开始对其拥有的住房抵押贷款进行证券化，在政府部门的推动下，MBS迅速发展起来。MBS在美国取得的巨大成功使得证券化这一金融创新技术也由美国迅速推广到欧洲、美洲、亚洲和大洋洲国家。

在我国，虽然对于资产证券化债券的研究已有相当长的时间，但是在实践中，却一直没有开始其“破冰之旅”。早在1999年，中国人民银行和中国建设银行就曾着手这方面的研究，当时针对国内无法设立特定目的信托载体的现实条件，曾考虑过建设银行提出的抵押支持证券发行方案。2001年，《信托法》颁布实施后，包括中国人民银行和银监会在内的国务院各相关部委相继出台了一系列的规章制度和管理办法来推动抵押支持证券的发展，这主要包括：

(1) 2005 年 4 月 20 日，中国人民银行与银监会共同发布了《信贷资产证券化试点管理办法》。这个办法是《信托法》和证券发行、交易法规在资产证券化领域的具体运用指南，突出强调了建立风险防范、保护投资者利益的机制，为制订其它配套政策奠定了基础。

(2) 2005 年 5 月 16 日，建设部发布了《关于个人住房抵押贷款证券化涉及的抵押权变更登记有关问题的试行通知》。该通知明确了抵押权变更登记的条件、程序和时限，为在现有物权登记制度框架下实施资产证券化提供了便利。

(3) 2005 年 5 月 16 日，财政部发布了《信贷资产证券化试点会计处理规定》。该规定全面解决了证券化各参与机构适用的会计标准问题，重点规范了发起机构信贷资产终止确认的条件及其会计核算，依据《信托法》明确了特定目的信托的独立会计主体地位。

(4) 2005 年 6 月 13 日和 15 日，中国人民银行分别发布了《资产支持证券信息披露规则》和关于资产支持证券登记、托管、交易、结算等事项的公告。其在全国银行间债券市场现行规章制度基础上，针对资产支持证券的特性作出了相应规定。

(5) 2005 年 11 月 7 日，银监会发布了《金融机构信贷资产证券化试点监督管理办法》。该管理办法针对有关金融机构在证券化交易中担当的不同角色，在市场准入、业务规则与风险管理、监管资本等方面提出一系列监管要求，确保其在证券化业务过程中有效管理各类风险。

此外，国务院同意商业银行、保险机构在做好风险防范工作的前提下投资资产支持证券；财政部、劳动保障部也批复同意社保基金在一定范围内投资资产支持证券。财政部和税务总局起草了《关于信贷资产证券化有关税收政策问题的通知》，确定了“税收中性”的基本原则。

这些政策是在现行法律法规框架下，根据资产证券化业务特征，对现有政策的完善、补充和适当调整，既满足了资产证券化试点交易的需要，又使资产证券化从一开始就有章可循、规范运作。鉴于国内基本具备了设立特定目的信托载体的法律环境，2005 年建设银行、国家开发银行分别提出了与国际做法更为贴近的新方案。这样，在各方的努力下，2005 年 11 月资产证券化试点工作终于在国内正式启动。

目前，我国金融机构各类信贷资产高达 20 余万亿元，其中相当一部分具备

了证券化的条件，而这些资产的持有者也具有将其证券化的强大动力，这使资产证券化拥有了丰富的后备资源。此外，随着住房体制改革的进一步深入，农村迁往城镇的人口逐渐增加，商业银行住房贷款业务必将得到进一步的发展，这为我国开展住房抵押贷款证券化业务创造了基本的条件。因此，我们相信中国抵押支持证券的发展具有极其广阔的空间。

### 2.1.2 抵押支持证券的主要品种和基本特征

如前所述，抵押支持证券是资产证券化市场中发展最早、最发达、最成熟的产品类型。本节主要介绍抵押支持证券的几个主要品种及其特征。

#### (1) 抵押贷款转付证券

抵押贷款转付证券(Mortgage Pass Through, MPT)是指金融机构在发放住房抵押贷款后，经由自身或中介机构以该贷款组合(mortgage pool)作为支持发行并出售给投资者的收益凭证。投资者在购买住宅抵押贷款转付证券之后，即拥有该组合贷款，但其所有权是以信托的方式持有，并由服务银行(Service Bank)负责进行管理。服务银行于每个月收齐贷款者所归还的本金、利息，在扣掉相应的服务费之后，将得到的现金流按投资比例分配给各个投资者。由于该债券的投资所得是从贷款者经由服务银行最后转至投资者手中，因而就被称为“转付证券”。

住宅抵押贷款转付证券的成功使许多机构投资人可以参与住宅抵押贷款投资，因此吸引了不少投资人参与。但是它有一个明显的特点就是现金流量不稳定。首先，借款人可能会因资金紧张而拖欠住房抵押贷款的本息；其次，借款人也可能因某些理由提前偿还本金，使得投资者面临再投资风险。可以说，住宅抵押贷款转付证券的最大风险，即投资回报现金流不太稳定，这使得一些传统的债券投资者裹足不前。

#### (2) 担保抵押贷款凭证(CMO)

为了吸收和化解提前偿还风险，联邦住宅抵押贷款公司(FHLMC)于1983年创造了担保住房抵押贷款凭证(Collateralized Mortgage Obligations, CMO)。与MPT不同的是，CMO是以一组抵押贷款为担保而发行的多组债券，各组债券的期限不同，现金收入全部来自于贷款产生的本息，中介机构在收到本息之后，依照各组债券相应的条款向投资者分配现金流。

表 2.1: CMO 实例

类型	面值 (亿元)	期限 (假设提前偿还速度为 80PSA)	票面利率
A 组债券	30	2 年	3%
B 组债券	30	5 年	4%
C 组债券	40	10 年	5%

如表 2.1 所示, 对于一个账面价值为 100 亿元的贷款组合, 中介机构将其设计成三组债券, 分别是 A 组、B 组和 C 组, 金额分别为 30 亿元、30 亿元和 40 亿元, 其票面利率分别为 3%、4% 和 5%。这三组债券的现金流均来自于住房抵押贷款组合, 当住宅抵押贷款组合收到本金与利息并扣除服务费后, 即配发利息给予 A、B、C 三组债券。但是整组住宅抵押贷款的还本, 包括应付本金与提前还本, 都先拨给 A 组。由于 CMO 是以整个贷款组合 (如 100 亿元) 的本金收入来偿还 A 组的本金, 因此 A 组很快就被清偿了。B 组与 C 组在 A 组被清偿之前只能收取利息, 待 A 组被清偿之后, B 组即接手领取整个贷款组合的本金收入。而 C 组则依然只领取利息, 等到 A、B 两组都被清偿后, 才开始领取本金。由此可见, 通过分组, A 组、B 组和 C 组债券分别被设计成短期、中期和长期债券, 满足了不同期限投资者的需要, 使得债券投资者能有更明确的投资方向。除了期限不同, 对于这三组债券来说, A 组债券的提前偿还风险最大, 但是由于有 B 组和 C 组债券作为保护, 因此信用风险最小; C 组债券提前偿还风险最小, 但是承受的信用风险最大; B 组债券的提前偿还风险和信用风险则刚好处于这两组债券之间。

CMO 的产生再次引发了债券投资者对投资住房抵押贷款的兴趣, 但是由于 CMO 自行将现金流进行分组, 不被看成是信托, 有可能会遭到双重课税, 因此其早期的发展并不是非常顺利。但是在 1986 年, 美国国会通过 REMIC 法案, 允许以分组的方式发行抵押支持证券, 扫除了发行 CMO 在法律和税收方面的障碍, 于是 CMO 的发行量在短短几年之间迅猛增长。

### (3) 住房抵押贷款衍生债券

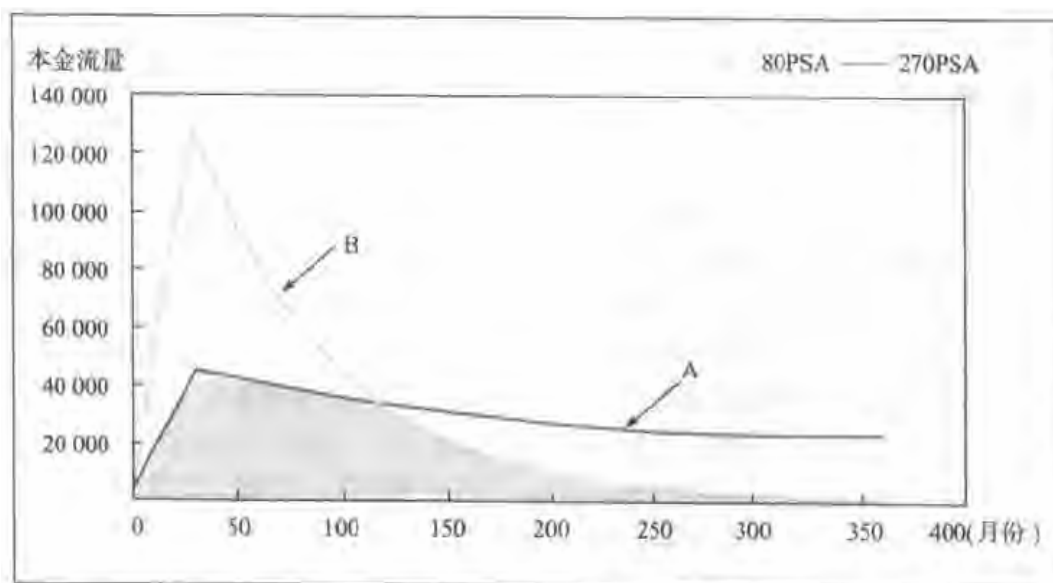
上世纪 90 年代, 虽然 CMO 的发行逐渐占据了抵押支持证券的主流, 但是如前所述我们可以看出, CMO 其实并未将提前偿还风险完全化解, 而只是将提前还本重新予以分配。为了进一步规避提前偿还风险, 许多金融机构开始研究如何在

CMO 中切割出现金流高度稳定的债券。由于各个机构设计方案千差万别，因此我们将其统称为住房抵押贷款衍生债券。下面我们主要介绍其中最主要的两类：一是计划分期偿还类，二是本息剥离类。

### ① 计划分期偿还类抵押支持证券

计划分期偿还类(Planned Amortization Class, 简称 PAC)债券的构成可用图 2.1 进行说明。在图 2.1 中，曲线 A 描述了提前偿还速度为 80PSA 之下贷款组合的本金流入情形，曲线 B 描述了提前偿还速度为 270PSA 之下贷款组合的本金流入情况。可以看出，当 PSA 很高，即提前偿还速度比较快时，大部分的本金在贷款初期就被清偿了，正如曲线 B 所示；而当 PSA 较低，即提前偿还速度较慢时，大部分本金偿还则拖到贷款中后期。灰色部分是在两种不同提前偿还速度下本金现金流的交集，代表着在这两种不同的提前偿还速度下，此贷款组合能收到的最低本金数额。也就是说，只要提前偿还速度在 80PSA 和 270PSA 之间，那么投资者肯定能收到确定数额的本金。将这部分本金流量进行切割，分成不同期限的债券，就形成 PAC 债券。

图 2.1： 计划分期偿还类(PAC)债券本金现金流示意图



资料来源：陈文达等，《资产证券化：理论与实务》，中国人民大学出版社，2004 年 5 月。

我们可以看出，PAC 债券的现金流是非常稳定的，这是因为有 PAC 之外各组债券的保护。当提前偿还速度发生变化时，提前偿还风险由 PAC 之外的各组债券

先行吸收，因此 PAC 之外的各组债券现金流很不稳定。

PAC 债券的推出意味着提前偿还风险得到很大的缓解，它使得投资者能够获得比较稳定的现金流量，因此受到投资者的巨大欢迎。但是正因为其风险较低，因此其收益率也相对较低。

## ② 本息剥离类抵押支持证券

本息剥离类抵押支持证券是联邦国家住房贷款协会 (FNMA) 于 1986 年创造的，其与 MPT 不同的是，其对本金和利息的分配并不是按比例进行的，而是直接将住宅抵押贷款转付证券应收本息切割成两部分，创造出纯本金组债券 (Principal Only, PO) 与纯利息组债券 (Interest Only, IO)。购买 PO 的投资人可得到该抵押贷款转付证券本息中的本金部分；购买 IO 的投资人可得到该抵押贷款转付证券本息中的利息部分，这又被称为“本息分立”。PO 一般是贴现发行，购买 PO 的人希望能早点收到他所购买到的本金，其能实现的收益率取决于提前偿还的速度，提前偿还的速度越快，投资者的收益率就越高；购买 IO 的人则希望得到多一点利息收入，本金如果被还掉，就无法收到利息了，因此其与 PO 投资者相反，IO 投资者希望提前偿还速度越慢越好。由于 IO 投资者获得的利息只来源于未偿还的本金，当发生提前偿还时，投资者所获得的利息会减少，因此在某种极端情况下，如果提前偿还进行得过快，IO 投资者甚至有可能无法收回购买 IO 所支付的成本。

在西方发达国家，当利率下降时，提前偿还速度加快，对购买 PO 者有利，因为 PO 购买者可以提前获得投资回报。当利率上升时，提前偿还速度放慢，对购买 IO 者有利，因为提前偿还的速度减慢后，购买 IO 者可以在较长的时间内享受其利息收入。由于 PO 与 IO 是从住宅抵押贷款转付证券中切割出来的产品，因此其价值之和应该等于该住宅抵押贷款转付证券的总价值。投资者可以利用 PO 与 IO 进行避险。比如，投资 PO 可以避开提前还款速度加快的风险。住宅抵押贷款证券化之后，原贷款银行可以留下服务权，或者将服务权卖给其它银行。当一家银行买到服务权后，即可按月收取服务费。服务费为本金的某一个比例，买到服务权的银行最怕提前还本，当提前还本发生时，其服务费收入减少，此时如果投资 PO，则可以对冲当利率下降时该银行服务费收入下降的不利影响。

## 2.2 国外抵押支持证券研究现状述评

抵押支持证券的兴起是近年来金融领域最重要的创新之一，目前随着其在全球金融市场中的份额日益增长，其也受到越来越多的学者的关注。在国外，尤其是美国，对于抵押支持证券的研究已经相当成熟。

在国外的研究中，对 MBS 的理论探讨主要集中于定价方面。定价问题是住房抵押贷款证券化的难点，也是住房抵押贷款证券化的核心。MBS 是一种利率衍生产品，但是其又与一般的利率衍生产品不同，由于抵押支持证券存在提前偿还的可能，因此其不仅利率不确定，连本金也是不确定的。因此对于 MBS 的估值，始终离不开两类关键的模型：利率期限结构动态模型和提前偿还模型。

利率期限结构动态模型主要分为两种：均衡模型和无套利模型。在均衡模型中，又可分为单因子模型和多因子模型。在单因子模型中，瞬时短期利率是唯一的解释变量，其代表主要有 Vasicek 模型（1977）和 CIR 模型（1985）。Vasicek（1977）为刻画利率的均值回归过程做出了开创性的贡献；而 Cox, Ingersoll and Ross（1985）则在保留了短期利率均值回归性质的基础上将利率期限结构理论推广到一般均衡模型之中，并且避免了负利率的产生。由于单因子模型很难对于利率曲线的各种变化做出很好的描述，因此研究者又推出了双因子模型。在双因子模型中，不仅短期利率和长期利率的均值，连短期利率和长期利率的波动率、以及短期利率和长期利率的利差都被两两组合设计成模型的解释变量。其代表模型有 Longstaff and Schwartz（1992）、Fong and Vasicek（1991）和 Nelson and Schaefer（1991）等。而在三因子或者四因子模型中，相应的解释变量也就越多，对利率动态的刻画更加详细，但是计算也更加复杂。其代表模型有 Duffie and Kan（1996）和 Constantinides（1992）等。

在均衡模型中，相关的经济变量是解释变量，利率期限结构是输出变量，因此在实际运用中，均衡模型的估计结果经常和实际的利率期限结构不太一致，因此研究者又设计了无套利模型。在无套利模型中，目前市场上的利率期限结构是输入变量，其利用市场上的价格信息来推导出利率随机微分方程，从而使得模型诱导的利率期限结构与实际的期限结构一致。其代表性的模型有 Ho-Lee 模型（1986）、Black-Derman-Toy 模型（1990）、Heath-Jarrow-Morton 模型（1992）和 Hull-White 模型（1994）。其中，BDT 模型和 Hull-White 模型的均值回归项是可变的，所以可以拟和出任意形状的收益率曲线。而 HJM 模型则是建立在瞬时



远期利率上的利率模型。

除了上述模型，无套利模型还有市场模型、随机弦模型和定价核模型等等，但是其影响力始终没有之前的几个模型大。目前，利率期限结构动态模型还在不断地完善和发展之中。

提前偿还是影响抵押支持证券未来现金流量变化一个非常重要的因素，因此提前偿还模型也是许多机构和学者研究的重点。

提前偿还模型大致可分为三类：经验模型、理性提前偿还模型和统计模型。最早的经验模型是美国联邦住房管理局(Federal Housing Administration, FHA)提出的“12年生命周期法”。这一方法假设，一般30年期的抵押贷款在第12年前基本会被全部清偿。由于这一测算方法太过于粗略，现在已经不被市场所采纳，因此后来又出现了“FHA经验”法。这一方法是FHA根据历史数据所编制的方法，其通过参考过去的贷款资料，估计当年不同贷款账龄下的平均提前偿还率。这种方法的不足之处在于，建立在FHA经验基础上的提前偿还率并不一定能够表示某一特定组合的提前偿还率，而且应用起来也不是很方便。因此，后来美国公共证券协会(Public Security Association, PSA)又提出了一个标准的提前偿还模型。PSA法假定，提前偿还率会随着贷款存续期限的延长而上升，第一个月的提前偿还率CPR为0.2%，此后每个月提前偿还率以0.2%的速度递增，直到第30个月达到6%，之后便保持不变。PSA法既结合了一些实证上的依据，又具备简单、实用的特点，因此广受业界的欢迎。

与经验模型不同，理性提前偿还模型则是完全由理论推导出来的提前偿还模型，其认为贷款者拥有提前还款的权利，因此相当于持有了一个市场利率的看跌期权。该模型假设贷款者完全理性，并拥有充分信息，其还款行为通过极大化个人效用函数来实现，理性地选择提前还款的时机。比如，Kenneth and McConnell (1981)将抵押贷款看成一个债券，贷款者持有该债券的看涨期权，并以抵押贷款的市值是否超过抵押贷款本金余额作为定价方程的边界条件来刻画借款人的提前偿还行为。最初的理想还款模型并没有考虑交易成本的问题，因此 Timmis(1985)，Dunn and Spatt(1986)，Johnston and Van Drunen(1988)又在模型中加入交易成本等摩擦因素阻碍贷款者提前偿还贷款，使得模型与实际情况更加相符。之后，Stanton (1995)又对这三个模型进行了扩展，考虑了借款人主体的异质性问题，根据不同贷款者提前偿还贷款交易成本的不同进行建模和估

计。由于该模型是一种动态模型，因此较经验模型有了很大的改进，但是由于该方法较多地考虑了利率对贷款者提前还款行为的影响，较少考虑其它影响贷款者提前还款的因素，因此存在一定的不足之处。

与理性还款模型不同，统计模型则分析了影响贷款者提前还款的众多因素，包括利率水平、利率路径、贷款账龄、季节性因素、贷款方式和经济环境等，并试图从历史数据中找出提前偿还率与各种影响因素之间的量化关系。在不同的统计模型中，研究者尝试着采用各种不同影响因素的组合来预测提前偿还率，或者是采用不同的统计估计方法来提高预测准确率。例如，Green and Shoven(1986)考虑了利差、利率水平和耗尽效应对提前偿还率的影响，运用比例危害模型来预测提前偿还概率。Schwartz and Torous(1989)则在其基础上进一步考虑了季节性因素对提前偿还率的影响，并采用最大似然函数来预测提前偿还概率。Richard and Roll(1989)同样采取了四因素模型，不过其采用了非线性最小二乘法来估计提前偿还概率。Mattey and Wallace(2001)在提前偿还模型中考虑了不同地区的房价差异及其动态变化对提前偿还速度的影响。Clark and Michael(2001)运用了非参数核密度回归技术来估计抵押支持证券的提前偿还概率，很好地避开对函数形式和概率分布的假设问题。统计模型的优点在于能够考虑更多的提前还款影响因素，也能够结合不同国家、地区的实际情况选择合适的提前偿还模型。

### 2.3 国内抵押支持证券研究现状述评

由于抵押支持证券在国内尚属新鲜的事物，因此国内相关的研究与理论成果并不是很多。在以往的研究中，国内相关研究大致可分为以下三类：第一类主要是讨论住房抵押贷款证券化的基本原理及其发展的必要性和可行性；第二类主要是探讨我国实施住房抵押贷款证券化具体模式的选择、风险控制以及成本与收益分析；第三类主要是对抵押支持证券的提前偿还模型、提前偿还风险及其定价进行分析。

由于早期我国的住房抵押贷款市场规模还相对比较小，受到的关注并不是很多，因此学者们对于抵押支持证券的讨论主要集中在其发展的必要性和可行性上，具体的分析并不是很多。蔡德容(2001)介绍了我国住房抵押贷款的特点，并对发展我国住房抵押贷款证券化的必要性、可行性、存在的困难进行了分析，并提出了推进住房抵押贷款证券化的步骤设想。姚长辉(2001)对MBS创新方式、

发展障碍及其对策进行了系统的探讨,并指出了发展 MBS 对我国金融市场和房地产市场意义重大。于凤坤(2002)介绍了住房抵押贷款证券化的基本原理和抵押支持证券的主要品种,并对发展我国抵押支持证券的可行性和总体思路进行了探讨。

后来,随着我国住房体制改革的进一步加速,我国住房抵押贷款市场得到迅猛的发展,此时市场讨论的焦点主要集中在对住房抵押贷款证券化的模式选择、风险分析以及成本收益分析上。何小锋(2002)对抵押支持证券的风险与收益模型以及抵押支持证券的发展模式进行了深入的探讨。宾融(2002)对抵押支持证券的风险分析与控制、信用增级与评级、制度障碍与前景展望进行了详细的介绍。邓伟利(2003)对抵押支持证券的收益与成本分析、风险识别与防范、提前偿还行为的分析以及抵押支持证券的定价进行了深入的研究。陈文达(2004)对抵押支持证券的发行架构、操作流程以及定价模型进行了详细的探讨。姜建清(2004)系统介绍了住房贷款证券化的主要产品、风险分析和控制、经济成本与收益分析,并对证券化在会计、税收处理和法律方面的问题进行了相应的探讨,分析了住房抵押贷款证券化的必要性、可行性和发展前景。

最近,随着市场对住房抵押贷款证券化的研究逐渐深入,学者们更多地关注抵押支持证券的定价分析。由于在对抵押支持证券的定价过程中,提前偿还率是定价的难点,贷款者提前偿还行为的不确定性加大了投资者对抵押支持证券风险、收益特性以及公允价格进行合理评估的难度。因此,国内越来越多的学者对提前偿还行为进行了相应的研究。孙奉军(2001)对影响提前偿还的各种因素进行了详细的分析,并将这些因素归结成系统性因素和非系统性因素两大类。但是遗憾的是,其并没有结合我国的情况进行具体研究,分析这些因素对我国贷款者提前偿还速度的影响。施方等(2003)介绍了比例危害模型在估计提前偿还概率中的运用,同时提出了采用威布尔分布来表示贷款寿命与提前偿还率之间的关系,并进行模型估计,取得了较好的效果。程艳琴和韩文秀(2003)建立的住房抵押贷款提前偿还模型采用一种叫做普遍添加模型的非参数估计方法对抵押贷款提前偿还率进行估计,研究发现提前偿还率与抵押贷款账龄、抵押贷款利率与现行利率的比率具有高度非线性的关系。黎志成和艾毓斌(2004)分析了抵押支持证券的风险特征,揭示了抵押支持证券定价的难点,并构建了基础资产提前偿还率测度模型,并在此基础上建立了抵押支持证券定价模型。张金林等(2005)

对国外抵押支持证券的定价模型进行了比较分析,并提出了我国抵押支持定价模型体系应包括五个部分,分别是未来还款总额的定价模型、抵押贷款对贷款者价值的定价模型、违约期权的定价模型、提前偿还期权的定价模型和贷款保险的定价模型。但是遗憾的是,其没有进行实证上的研究。闫妍和杨茂华(2005)将抵押支持证券的定价方法归纳为三类,分别是随机过程、提前偿还模型和非参数模型,并介绍了这三类方法的前提假设、模型特点、基本算法和典型应用,同时通过比较,总结得出每种方法相对于其它方法的优点、缺点及自身的适用范围。胡宗义和谭政勋(2005)分析了麦考莱持续期和凸性在测量隐含期权债券价格利率风险时存在的局限性,提出了更能准确度量利率风险的基于期权调整利差技术的持续期和凸性,并给出了用期权调整价差测量债券价格利率敏感性的方法和步骤。

总体而言,目前国内对抵押支持证券的研究才刚刚起步,主要存在着以下几点不足:第一,国内的很多研究更多地是从制度建设层面,或者是从政府层面进行论述,很少专门从投资者的角度进行分析和讨论;第二,在相关的研究中,借鉴性和引用性的文献比较多,但是创新性的研究比较少,特别是在对影响贷款者提前偿还因素的分析方面,很少从中国人与外国人消费与储蓄习惯的不同出发,分析影响我国居民提前偿还贷款的因素;第三,数量模型方面的研究较少,特别是由于目前国内相关的抵押支持证券产品较少,因此缺乏结合模型进行实证分析和检验的研究,使得相关的研究显得比较空泛,应用性不高。因此,本文的研究重点就是针对这些存在的缺陷和不足做一些研究,以期推动抵押支持证券在我国的进一步发展。

### 3. 抵押支持证券定价的理论基础

本章的主要目的是对在抵押支持证券定价过程中所涉及的基本理论模型进行一个系统的探讨,以便为接下来的实证分析和应用研究奠定一个坚实的理论基础。抵押支持证券属于利率衍生产品的一种,在对抵押支持证券的定价过程中,利率动态模型和提前偿还模型是定价的关键,因此这两部分是本章讨论的重点。其次我们还将介绍相关的信用风险模型以及二叉树模型和蒙特卡罗模拟这两种数值分析方法。

#### 3.1 利率动态模型

根据推导过程的不同,利率动态模型可以分成均衡模型和无套利模型两大类。所谓均衡模型是指短期利率的随机微分方程的形式是从经济理论出发,根据市场的均衡条件得出的,由这种模型推导出来的利率期限结构并不一定与市场实际的期限结构一致。而无套利模型则是利用市场上资产价格的信息,根据各个资产之间必须满足的无套利条件来推导利率随机微分方程的形式,从而使模型诱导的利率期限结构与实际的利率期限结构一致。换句话说,在均衡模型中,相关的经济变量是输入变量,利率期限结构是输出变量;而在无套利模型中,利率期限结构是输入变量,相关金融工具的价格是输出变量,这是两类模型最根本的区别。

##### 3.1.1 均衡模型

在均衡模型中,根据模型采用的解释变量的数量不同,大致可分为单因子模型和多因子模型两类。

###### (1) 单因子模型

在单因子模型中,最主要的模型是 Vasicek 模型和 CIR 模型。

Vasicek 模型是由 Vasicek 于 1977 年提出的,他是第一个将短期利率的均值回归特性引入利率期限结构模型的学者,因此该模型具有非常重要的意义。该模型假设短期利率的变化服从一个扩散过程,并且只受一个因素的影响,模型的具体形式如下:

$$dr = \kappa(\mu - r)dt + \sigma dz$$

其中,  $\kappa$  为均值回归调整速度,

$\mu$  为短期利率的长期均值,

$\sigma$  为短期利率的标准差,

$dz$  是一个维纳过程。

从上式可以看出, Vasicek 模型认为, 短期利率总是围绕一个长期均值上下波动, 如果利率偏离了平均值, 它总是要向其长期均值回归,  $\kappa$  则告诉我们, 短期利率向长期均值回归的速度有多快。根据上式, 假设风险价格为  $\lambda$ , 则不同时点的利率期限结构为

$$R(t, T) = A(\lambda, \kappa, \mu, \sigma) + (r(t) - A(\lambda, \kappa, \mu, \sigma)) \frac{1}{\kappa T} (1 - e^{-\kappa T}) + \frac{\sigma^2}{4\kappa^3 T} (1 - e^{-\kappa T})^2$$

其中,  $A(\lambda, \kappa, \mu, \sigma) = \mu + \lambda\sigma / \kappa - \frac{1}{2} \sigma^2 / \kappa^2$

可以看出, 在给定参数  $\kappa$ 、 $\mu$ 、 $\sigma$  和  $\lambda$  之后, 此模型可反映出利率期限结构的各种形态, 如向上、向下、水平状或驼峰状。

可以说, Vasicek 模型是众多利率期限结构模型中最简单的一个。它假设所有的参数都是常数, 不随时间变化, 而且波动率也是一个常数, 没有考虑到利率水平高低对波动率的影响以及波动率本身的 GARCH 效应等。但是它却能够比较好地拟合现实数据。Vasicek 模型的缺陷是没有考虑到利率必须是一个大于零的正数, 因此在模拟过程中就可能出现利率为负的情况, 这与现实情况不符。

为了防止利率在推导过程中出现负数, Cox, Ingersoll and Ross (1985) 对 Vasicek 模型做了改进, 将短期利率随机过程的随机项的系数设定成与短期利率的平方根大小成正比, 也即

$$dr = \kappa(\mu - r)dt + \sigma\sqrt{r}dZ$$

这意味着当利率上升时, 利率的波动也会随着增加, 而且由于利率的波动不能为负, 因此这解决了 Vasicek 模型短期利率有可能为负值的问题。CIR 模型的优点还在于其舍弃了部分均衡的观念, 从一般均衡的角度切入, 将消费者偏好、生产过程、个人投资以及消费行为等当作模型的输入变量, 解决了内部不一致的问题, 并消除了不完全市场中的套利机会。但是该模型假设利率期限结构总是发生平行移动, 因此这与现实情况不太符合。

## (2) 多因子模型

由于单因子模型中解释变量只有一个, 因此很难刻画出利率期限结构的丰富变化, 而且单因子模型隐含着假设不同到期日的贴现债券的价格是完全相关的, 这与实际情况不太符合, 因此很多学者又相继推出了多因子模型。

Brennan and Schwartz (1979) 假设利率期限结构由短期利率  $r$  与长期利率  $l$  两个因素共同决定, 模型的形式为:

$$dr = \alpha_1(r, l)dt + \beta_1(r, l)dz_1$$

$$dl = \alpha_2(r, l)dt + \beta_2(r, l)dz_2$$

其中  $dz_1 dz_2 = \rho dt$ ,  $\rho$  为长期利率与短期利率的相关系数。

Nelson and Schaefer (1983) 假设利率期限结构由长期利率和长短期利率的利差两个因素共同决定, 模型的形式为:

$$dl_t = \mu dt + \sigma_1 dz_1$$

$$dS_t = \alpha(\beta - S_t)dt + \sigma_2 dz_2$$

其中,  $l_t$  是长期利率,  $\mu$  是长期利率的均值,  $S_t$  是长短期利率的利差,  $\beta$  是长短期利率利差的均值,  $\alpha$  是长短期利差均值回归的速度。

Schaefer and Schwartz (1984) 同样假设利率期限结构由长期利率和长短期利率的利差两个因素共同决定, 不过其对 Nelson and Schaefer (1983) 的模型做了改进, 对长期利率随机过程的随机项进行了修改, 因此可以看作是将 CIR 模型和 Vasicek 模型结合在一起进行预测, 其模型具体形式如下:

$$dl_t = \mu(S_t, l_t, t)dt + \sigma_1 \sqrt{l_t} dz_1$$

$$dS_t = \alpha(\beta - S_t)dt + \sigma_2 dz_2$$

为了更加详细地刻画出利率期限结构的各种变化, 不少学者还推出了三因子或者四因子模型。比如 Duffie and Kan (1996) 和 Constantinides (1992)。在多因子模型中, 学者们广泛应用了各种状态变量进行预测, 这就产生了丰富的利率期限结构形式。

不过值得一提的是, 虽然模型的解释变量越多, 对利率动态描述的效果就越好, 不过模型的简洁性同时也会受到伤害。模型越复杂, 对参数进行估计的难度也就越大, 计算时间也更长, 在实际应用中就越不受欢迎。因此三因子模型的应用远不及双因子和单因子模型那么广泛。

### 3.1.2 无套利模型

无套利模型认为即期的利率期限结构包含了目前人们对利率预测的足够信息, 因此在没有套利机会的前提下, 利率期限结构的变动应该反映出这些信息, 因而其变化情况是可测的。在无套利模型当中, 同样根据解释变量的多寡可以分成单因子模型和多因子模型两大类。

### (1) 单因子模型

在单因子模型中，Ho-Lee 模型、Hull-White 模型和 BDT 模型是最为经典的模型。

Ho-Lee 模型假设市场是无摩擦的，既无税收费用，也不考虑交易费用，所有证券皆可分割；市场并非连续出清，而是在有规则间隔的时点上出清；市场是完全的，每一期均有相对应的贴现债券存在。

该模型将即期的利率期限结构作为输入变量，以二项分布结构推导出利率期限结构的动态变化。在连续时间下，短期利率的随机微分方程为

$$dr = u(t)dt + \sigma dz$$

其中  $u(t)$  趋势项为时间的函数，波动率  $\sigma$  为常数。

Ho-Lee 模型模拟了利率期限结构随时间的可变性，由于它是由最初的利率期限结构决定的，因此它是一个相对定价模型，同时由于最初的利率期限结构是外生的，因此其变化也是外生的。

Ho-Lee 模型的不足之处在于：首先并没有考虑利率的均值回归特性，即假设在任一时点，利率在下一时点的变动的方向与当时的利率水平是相互独立的。其次，其隐含着假设债券价格的波动性是独立于时间变化的。但事实上，随着到期期限的临近，贴现债券的价格将趋近于面值，因此债券价格隐含的波动性会随时间的推移而变小。第三，根据 Ho-Lee 模型假设的限制和初始条件，可能出现负的远期利率。最后，Ho-Lee 模型隐含着假设所有利率的波动性相同，即长短期利率的波动性是相同的。但实际上长期利率的波动性要小于短期利率的波动性，即收益率曲线将随期限增加变得越来越平坦。

与 Ho-Lee 模型相比，Hull and White (1990) 的模型就更具一般性，其不仅使模型本身与期初的利率期限结构一致，而且对 Vasicek 模型与 CIR 模型进行了扩展，该模型的具体形式如下：

$$dr = [\theta(t) + a(t)(b - r)]dt + \sigma(t)r^\beta dz$$

其中，漂移项  $\theta(t)$ 、均值回归速度  $a(t)$  和波动率  $\sigma(t)$  都是时间的函数， $b$  为长期均值， $dz$  为维纳过程。

可见，该模型可以说是最一般的模型，几乎可以涵盖所有的单因子模型。当  $\theta(t)$ 、 $a(t)$  与  $\sigma(t)$  为常数，且  $\beta$  为 0 时，上式简化为 Vasicek 模型：



$$dr = (\theta + ab - ar)dt + \sigma dz$$

而当  $\theta(t)$ 、 $a(t)$  与  $\sigma(t)$  为常数，且  $\beta$  为 0.5 时，上式简化为 CIR 模型：

$$dr = (\theta + ab - ar)dt + \sigma r^{\frac{1}{2}} dz$$

与上述模型不同，Black, Derman and Toy (1990) 假设短期利率服从对数正态分布，在连续时间下，该模型的随机微分方程为：

$$d \ln r = (\theta(t) - \phi(t) \ln r)dt + \sigma(t) dz$$

其中均值回归速度  $\phi(t) = \frac{\partial \sigma(t) / \partial t}{\sigma(t)}$ ，均值回归的平均值是  $\theta(t) / \phi(t)$ 。

可以看出， $\theta(t)$  和  $\sigma(t)$  是两个独立的时间变量，因此 BDT 模型不仅能够与当前市场的利率期限结构一致，而且与当前即期利率的波动率期限结构也是一致的。由于 BDT 模型假设短期利率服从对数正态分布，因此模型不会出现利率为负的情况，而且还具有均值回归的性质。不过，也正是因为利率变动是对数正态分布，因此 BDT 模型无法得到模型的解析解，因此必须借助二叉树模型等数值方法进行求解。

## (2) 多因子模型

在无套利多因子模型中，HJM 模型最具代表性。HJM 模型是由 Heath, Jarrow and Morton 于 1992 年提出的，与多因子均衡模型所采用的因子不同，HJM 模型中的因子为对利率期限结构的随机冲击 (random shocks)，如利率期限结构的上升或下降，以及变得较陡峭或变得较平坦。在 HJM 模型中，瞬时远期利率曲线的随机微分方程为：

$$df(t, T) = \alpha(t, T)dt + \sum_{i=1}^n \sigma_i(t, T) dz_i$$

其中， $f(t, T)$  是在  $t$  时刻测度的在  $T$  时刻到期的瞬时远期利率， $n$  为驱动远期利率曲线演化的随机因子， $dz_i$  为相互独立的维纳过程。由此，远期利率又可以表示为

$$f(t, T) = f(0, T) + \int_0^t \alpha(s, T) ds + \sum_{i=1}^n \int_0^t \sigma_i(s, T) dz_i(s)$$

其中， $0 \leq t \leq T$ ， $f(0, T)$  是最初观测到的即期利率曲线。

可见，HJM 模型将利率期限结构的波动描述得更为完整，但由于此模型需要更多的输入变量，此外某些输入变量的信息并不容易取得，因此在应用的过程中也会产生问题。特别是在构造利率变动的二叉数或者三叉数模型时，利率通常在上升和下降后就不会再重新聚合。也就是说，利率先上升后下降与先下降后上升之后所达到的不是同一个节点，利率变动不是马尔可夫链。这就会导致二叉树模型的最终节点呈几何扩大，极大地增加计算和模拟的难度。

综上所述，均衡模型与无套利模型的一个重要区别在于，在均衡模型中风险的市场价格是内生的，而在无套利模型中则是外生的。在实际应用中，均衡模型和无套利模型很难说孰优孰劣。而对于单因子和多因子模型的选择，则更是仁者见仁，智者见智。单因子模型虽然对利率期限结构的描述不如多因子模型，但是其模型的简洁性和实用性却使其得到很多人的喜爱。因此为了以后能在实践中更好地选择最合适的模型，我们根据前文的论述将提到的利率期限结构动态模型整理如下：

表 3.1 利率期限结构动态模型的总结与分类

均衡模型	无套利模型
单因子 Vasicek (1977); Cox, Ingersoll and Ross(1985)	Ho and Lee (1986) ; Black, Derman and Toy (1990) ; Hull and White (1990)
多因子 Brennan and Schwartz (1979); Longstaff and Schwartz (1992); Fong and Vasicek (1991); Nelson and Schaefer (1991); Duffie and Kan (1996); Constantinides (1992)	Heath, Jarrow and Morton (1992)

## 3.2 提前偿还模型

提前偿还模型大致可分为三类：经验模型、理性还款模型和统计模型。

### 3.2.1 经验模型

#### (1) 十二年生命周期模型

美国过去房地产抵押贷款的经验数据表明，一般 30 年期的抵押贷款在第十

二年前基本会被完全清偿，基于此美国联邦住房管理局（FHA）提出了十二年生命周期模型（Twelve-Year Life Method），并在过去得到了广泛的应用。不过，这种方法现在用得比较少了，因为提前偿还率与利率以及抵押贷款的许多特征有关，不能不加区分地假设所有抵押贷款的提前偿还期都是 12 年。尽管为了比较抵押支持证券的收益率，有时还采用该方法，但是其使用的范围已越来越小。

#### （2）FHA 经验模型

FHA 经验模型是美国联邦住房管理局（FHA）根据抵押贷款历史数据所编制的提前还款模型。由于 FHA 拥有庞大的房地产贷款数据库，因此其在分析提前偿还率方面独具优势。这种提前偿还模型根据 FHA 提供保险的 30 年期抵押贷款的历史提前偿还和违约数据来预测抵押贷款组合的提前偿还率。FHA 会定期公布一个数据表，表中有 30 个数据代表 FHA 提供保险的抵押贷款的年度生存率，这个数据表说明抵押贷款继续存在的概率，并报告对给定的年度抵押贷款期望的终止百分率。

在 FHA 经验模型中，抵押贷款组合的提前偿还率以 FHA 经验数据的百分比表示，如抵押组合提前偿还率为 100% 的 FHA 经验数据，说明在这一抵押贷款组合中每年将有和 FHA 平均数相当的抵押贷款被提前偿还；200% 的 FHA 经验数据表明抵押贷款组合将以两倍于 FHA 经验数据的速度提前偿还；50% 的 FHA 经验数据则表示抵押贷款以一半于 FHA 经验数据的速度提前偿还。

这种方法尽管很实用，但建立在 FHA 经验基础上的提前偿还率并不一定能够反映某一特定抵押贷款组合的提前偿还率。这主要是因为 FHA 的提前偿还数据来源于各种不同利率周期的抵押贷款。我们知道，提前偿还率与利率周期相关度很大，因此在估计提前偿还率时，对不同时期的贷款采用一个平均提前偿还率并不一定合适。

#### （3）常数提前偿还率模型

为了更准确地表达提前偿还率的概念，研究者又提出了常数提前偿还率模型（Constant Prepayment rate, CPR）模型，又称为有条件的提前偿还率模型（Conditional Prepayment Rate）模型。该模型对抵押贷款组合设定一个固定的提前偿还率，假定抵押组合中剩余本金的一部分在抵押贷款剩余期限内每月提前偿还。有条件的提前偿还率指提前偿还的金额占资产池当期期初余额扣除当期按计划应支付的本金余额后的比例，反映了贷款资产池真正提前偿还的数额。提

前偿还率的设定是以该资产池的特征(包括历史上的提前偿还率)和当前的及预期的未来经济环境为基础的,而之所以被称为有条件的提前偿还率是由于它是以抵押贷款的未偿本金余额为条件计算的。

有条件的提前偿还率是年提前偿还率,由于在实际生活中抵押贷款是按月偿付的,所以还必须通过月提前偿还率进行转化,我们用单月终止率(Single-Monthly Mortality rate, SMM)表示月提前偿还率,可得

$$CPR = 1 - (1 - SMM)^{12}$$

$$SMM_t = \frac{PP_t}{MB_{t-1} - SP_t}$$

其中,  $PP_t$  是每月提前偿还的本金数额,  $MB_{t-1}$  为月初贷款组合本金余额,  $SP_t$  为每月计划应还的本金数额。

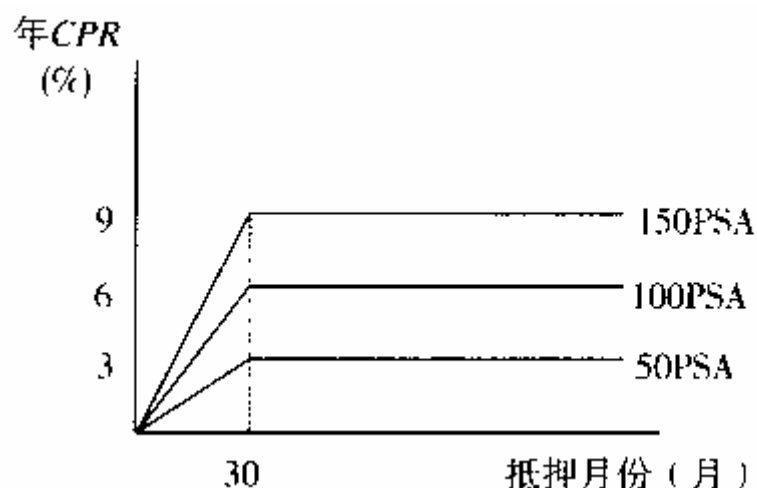
#### (4) 公共证券协会模型

公共证券协会模型(Public Securities Association model, PSA)是由美国公共证券协会提出的一个标准的提前偿还模型。该模型假定提前偿还率会随着贷款存续期限的延长而上升,第一个月为 0.2%,此后每月提前偿还率以 0.2% 的速度递增,直到第 30 个月提前偿还率达到 6% 之后便保持不变。该模型的具体形式如下:

$$\begin{cases} CPR = 0.2\% * t & (1 \leq t \leq 30) \\ CPR = 6\% & (t > 30) \end{cases}$$

PSA 模型既结合了一些经验上的依据,又不死板,同时兼具简单实用的特点,因此广受业界的好评。在实际应用中,投资者可以用 PSA 指标乘以一定的倍数以反映提前偿还速度的快慢。比如,150%PSA 表示抵押贷款资产池的提前还款速度是 PSA 基本还款速度的 1.5 倍,50%PSA 表示抵押贷款资产池的提前还款速度是 PSA 基本还款速度的一半。不同提前偿还率假设下的提前还款速度如下图所示:

图 3.1: 不同提前偿还率假设下的提前还款速度示意图



### 3.2.2 理性提前偿还模型

尽管经验模型比较简单实用，但是其预测提前偿还率的准确度还是有待提高，因此很多研究者基于或有索取权定价理论提出了“理性提前偿还模型”。

与经验模型不同，理性提前偿还模型则是完全由理论推导出来的提前还款模型，其认为抵押贷款者拥有提前还款的权利，因此相当于持有了一个市场利率的看跌期权。该模型假设贷款者完全理性，并拥有充分信息，其还款行为通过极大化个人效用函数来实现，理性地选择提前还款的时机。

Kenneth and McConnell (1981) 将抵押贷款看成一个债券，贷款者持有该债券的看涨期权，并以抵押贷款的市场现值是否超过抵押贷款本金余额作为定价方程的边界条件来刻画借款人的提前偿还行为。

Dunn and McConnell (1981a, b) 对抵押贷款者的最优提前偿还策略进行了建模，假设提前偿还没有成本，并且引发提前偿还的因素是外生的。但是，他们模型中假设的抵押支持证券的套利边界在实践中却总是被违背。

由于上述两个模型都没有考虑交易成本的问题，因此 Timmis (1985), Dunn and Spatt (1986), Johnston and Van Drunen (1988) 又在模型中加入交易成本等摩擦因素阻碍抵押贷款者提前偿还贷款，使得模型与实际情况更加相符。

但是，尽管这些模型将提前偿还率和 MBS 定价联系在一起，但是他们对提前偿还率的预测并不是跟实际结果很一致。这些模型并不能很好地刻画下列因素对提前偿还率的影响，比如说季节性因素、耗尽效应以及利率先升后降和先降后升的区别等等。因此，Stanton (1995) 又对上述三个模型进行了扩展，考虑了借款

人主体的异质性问题，明确地对抵押贷款者不同的交易成本进行建模和估计。其次，假设抵押贷款者是在离散的而不是连续的时间段内做出提前偿还的决定。最后得到了一个简单的提前偿还模型表达式，并采用 GMM 进行估计。

Stanton (1995) 将抵押贷款的所有现金流的现值看成一个标的债券，并用  $B_t$  表示，而  $F_t$  表示抵押贷款的本金余额。抵押贷款者拥有一个执行价格为  $F_t(1+X_t)$  的看涨期权，该执行价格是可变的，因此抵押支持证券的价值应该是：

$$M_t^l = B_t - V_t^l$$

其中， $V_t^l$  是抵押贷款者提前偿还期权的价值。

除了由于利率波动引发的再融资需求，促使抵押贷款者提前偿还的外在因素还有离婚、工作调动和房屋出售等等。Stanton (1995) 将这些外在因素产生的对提前偿还率的影响用一个危害函数  $A$  表示。假设在长度为  $\delta t$  的时间段里，提前偿还的概率为  $\lambda \delta t$ 。参数  $\lambda$  表示一个基本的提前偿还水平，即当没有再融资需求时预期的提前偿还水平。

假设做出提前偿还决定的似然值用危害函数  $p$  表示， $t_i$  是一个随机的决策点，则在一个从  $t$  时刻开始的时间段  $\delta t$  内做出下一个决定的概率为  $\rho \delta t$ 。

我们用函数  $\Omega(Y_t, t)$  表示提前偿还策略， $Y_t$  是表示各种可能的状态，则提前偿还期权的价值用  $V_t^l(\Omega)$  表示，抵押贷款者选择最优提前偿还策略  $\Omega^*$  使得

$$V_t^l(\Omega^*) \geq V_t^l(\Omega)$$

在一个长度为  $\delta t$  的时间段内，抵押贷款者不提前偿还的概率为

$$e^{-\lambda \delta t} * e^{-\rho \delta t} = e^{-(\lambda + \rho) \delta t}$$

当  $\delta t$  趋于零，提前偿还的概率趋于  $(\lambda + \rho) \delta t$ ，因此危害函数可以表示为

$$\begin{cases} \lambda & \text{if } r_t > r_t^* \\ \lambda + \rho & \text{if } r_t \leq r_t^* \end{cases}$$

我们将提前偿还成本的分布用 beta 分布表示。

$$\mu = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$$

$$\sigma^2 = \frac{\alpha\beta}{(\alpha+\beta)^2(\alpha+\beta+1)}$$

我们用 CIR 模型描述利率的动态过程。

则抵押支持证券的价值为

$$\begin{cases} (1-P_e)M_\mu^l(y,t) + P_e[F(t)(1+X)] & \text{if } M_\mu^l(y,t) \leq F(t)(1+X) \\ (1-P_r)M_\mu^l(y,t) + P_r[F(t)(1+X)] & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中,  $P_e = 1 - e^{-\lambda/12}$  是当受到除利率外的外生因素影响时的提前偿还概率,

$P_r = 1 - e^{-(\lambda+\rho)/12}$  是在所有因素影响下的提前偿还概率。

可以看出, 理性偿还模型在理论基础方面相对于经验模型有了很大的改进, 特别是由于理性偿还模型实际上是一种动态模型, 因此其更能描述提前偿还率随着利率的波动而发生波动的情况, 因此预测的准确性得到很大的提高。遗憾的是由于该方法较多地考虑了利率对提前还款的影响, 较少考虑其它影响贷款者提前还款的因素, 因此存在一定的不足之处。

### 3.2.3 统计模型

与理性还款模型不同, 统计模型则分析了影响贷款者提前还款的众多因素, 并试图从历史数据中找出提前还款率与各种影响因素之间的量化关系。为了能更好地建模, 我们有必要先对影响抵押贷款者提前偿还行为的因素进行分析。

据统计, 在西方发达国家, 促使抵押贷款者提前偿还的因素主要有以下几个方面:

(1) 贷款组合的利率与现行房地产抵押贷款的利率之差。如果现行房地产抵押贷款的利率低于贷款组合的利率时, 贷款者的再融资动机就会被触发。贷款者会考虑以较低的利率借入新的贷款, 并偿还老的贷款以节省利息支出, 这样就会导致提前还本的上升。从美国的经验看, 再融资动机是导致抵押贷款提前偿还的最重要的因素。

(2) 贷款利率路径。根据历史统计, 抵押贷款者是否再融资不仅与市场利率的绝对水平有关, 而且与贷款利率的路径有关。假设有两条贷款利率路径:

路径一: 贷款利率从 6% 上升到 7%, 再上升到 8%, 最后下降到 5%

路径二: 贷款利率从 6% 下降到 5%, 再上升到 8%, 最后下降到 5%

可以看出, 虽然贷款利率最终都是从最初的 6% 下降到 5%, 但是在两种路径下, 提前还本的情况是不一样的。在第一条路径下, 当最终贷款利率下降到 5

%时,会出现大量的提前还款行为,但是在第二条路径下,这种情况却不会发生。因为,在第二条路径中,有能力而且有意愿提前还款的抵押贷款者在第一次遇到5%的低利率时就会选择提前还款,贷款组合中剩下的贷款者可能没有提前还款的能力或者没有提前还款的意愿,因此即使贷款利率再次达到5%的低位,依然不会选择提前还款,这种现象又被成为“再融资耗尽”(Refinancing Burnout)效应。

(3) 贷款账龄。据统计,抵押贷款初期的提前还款率一般比贷款账龄相对较长时的提前还款率低。其原因可能如下:首先,刚刚取得贷款的借款人可能受财力的限制,或者没有意愿立即提前还款。其次,短期内市场利率一般不会出现大的波动,因此不足以刺激借款人提前还款行为的发生。最后,更换工作、离婚、搬迁等可能引起提前还款的行为一般不可能在购房后的一两年内发生。而随着贷款账龄的增加,借款人的收入也开始增加,当收入增加到一定水平,部分借款人就会选择提前还款。此外,其它跟生活相关的因素也开始出现变数,导致房屋的出售和提前偿还的出现。

(4) 经济环境。当经济处于增长阶段时,个人的收入增加,劳动力迁徙的机会增加,带来住房周转率的提高,运用抵押贷款购房的房主变卖房产提前偿还贷款的可能性增大。反之,当经济处于下降阶段,住房周转率下降时,运用抵押贷款购房的房主提前还款的可能性相对减少。

(5) 季节性因素。根据美国的经验,一般春季和夏季购买住房的人会比较多。因为在这两个季节气候相对比较好,搬家相对比较方便。因此在春夏两季,随着住房周转率的提高,提前还款率也会相应提高。

(6) 贷款方式。在美国,在其它条件相同的情况下,GNMA 贷款一般较 FHLMC 和 FNMA 的贷款提前偿还速度慢。这主要是因为 GNMA 的贷款组合主要是 FHA 和 VA 的贷款,这些贷款的房主不必提前还款就可以转移房产,而且这类贷款额度低,借款人收入一般不高,提前还贷的能力和动力都比较低。

(7) 意外因素。因自然灾害或者意外事故所导致的房屋损毁将得到保险公司的赔偿,这样也会引起贷款的提前偿还。

在不同的统计模型中,研究者尝试着采用各种不同影响因素的组合来预测提前还款率,或者是采用不同的统计估计方法来提高预测准确率。

Green and Shoven(1986) 考虑了利差、利率水平和耗尽效应对提前还款率



的影响，运用比例危害模型来预测提前偿还概率。Schwartz and Torous (1989) 则在其基础上进一步考虑了季节性因素对提前还款率的影响，并采用最大似然函数来预测提前偿还概率。

Schwartz and Torous (1989) 可以说是统计模型中的经典。该模型假设在每个时点均存在提前偿还的概率，该概率取决于当时的经济状态。令  $T$  代表一个直到提前偿还发生为止的时间的连续随机变量， $t$  表示直到提前偿还发生的时间， $v = (v_1, v_1, \mathbf{K} v_s)$  是解释变量， $\theta = (\theta_1, \theta_1, \mathbf{K} \theta_k)$  是待估计的参数。提前偿还函数

$$\pi(t, v, \theta) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} = \frac{f(t, v, \theta)}{F(t, v, \theta)}$$

其中， $F(t, v, \theta)$  代表生存函数， $F(t, v, \theta) = P(T \geq t | v, \theta)$

$f(t, v, \theta)$  是  $T$  的概率密度函数

$$f(t, v, \theta) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t)}{\Delta t} = -\frac{dF(t)}{dt}$$

用比例危害模型来对提前偿还函数建模，可得

$$\pi(t, v, \theta) = \pi_0(t, \gamma, p) \exp(\beta v)$$

$$\pi_0(t, \gamma, p) = \frac{\gamma p (\gamma t)^{p-1}}{1 + (\gamma t)^p}$$

特别地，对于  $p > 1$ ，提前偿还的概率从零增加到最大值  $t^* = (p-1)^{1/p} / \gamma$ ，然后又下降到零。

在对提前偿还概率的预测中，Schwartz and Torous (1989) 综合采用了四个影响因素来分析贷款者的提前偿还行为：

$$(1) \text{ 再融资动机 } v_1(t) = c - l(t-s), s \geq 0$$

其中， $c$  为抵押贷款的利率， $l$  为长期国债利率，代表再融资的利率。 $v_1(t)$  越大，提前偿还的概率越大。

(2) 由于，当再融资利率足够低时，提前偿还会加速，因此用第二个变量表示  $v_2(t) = (c - l(t-s))^3, s \geq 0$ 。

(3) 由于以前提前偿还的人越多，以后剩下的倾向于提前偿还的人就越少，

因此用第三个变量  $v_3(t) = \ln(AO_t / AO_t^*)$  表示。其中， $AO_t$  为在  $t$  时刻资产池的余额， $AO_t^*$  为  $t$  时刻计划偿还的本金数额。该变量越小表示以后提前偿还的可能性越小。

(4) 最后，用一个虚拟变量表示季节性因素。

$$v_4(t) = \begin{cases} 1 & \text{if } t = \text{May} - \text{August} \\ 0 & \text{if } t = \text{September} - \text{April} \end{cases}$$

由于在春夏季搬家的人一般比较多，因此该变量越大，表示提前偿还的概率越大。

Richard and Roll (1989) 同样采取了四因素模型，不过其采用了非线性最小二乘法来估计提前偿还概率。而 Matthey and Wallace (2001) 则在提前偿还模型中考虑了不同地区的房价差异及其动态变化对提前偿还速度的影响。

在过去的统计模型中，大部分研究者都是采用参数模型进行估计。近年来，随着统计技术的进步，越来越多的研究者采用非参数技术进行建模。与参数估计不同的是，非参数模型在线性、非线性和最大似然回归框架中没有采用具体的函数形式或者分布，其重点是对整个概率密度函数进行估计，而不是对模型参数进行估计。

Clark and Michael (2001) 运用了非参数核密度回归技术来估计抵押支持证券的提前偿还概率，很好地避开对函数形式和概率分布的假设问题。

在 Clark and Michael (2001) 的模型中，基本的核估计因子是：

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{t|H|} \sum_{i=1}^t K(H^{-1}(x - x_i))$$

其中， $f(x)$  是未知的概率密度函数， $x$  是  $n$  维的向量， $K(\cdot)$  是核函数， $H$  是平滑参数矩阵。

$$\text{令 } K(x) = (2\pi)^{n/2} \exp\left(-\frac{x^T x}{2}\right)$$

$$\hat{H} = \text{diag}\left(\sum_{i=1}^t x_i^{-1/(n+4)}\right)$$

$\sum$  是向量  $x$  的方差和协方差矩阵。

回归估计因子

$$\hat{m}(x) = E(Y / X = x) = \frac{\sum_{i=1}^I K(H^{-1}(x - x_i)) Y_i}{\sum_{i=1}^I K(H^{-1}(x - x_i))}$$

在对提前偿还率的预测中，其综合采用了再融资动机、贷款账龄、收益率曲线的倾斜度和季节性因素四个因素进行估计，取得了较好的效果。

综上所述，统计模型的优点在于能够考虑更多的提前还款影响因素，也能够结合不同国家、地区的实际情况选择合适的提前还款模型，因此其在预测贷款者的提前偿还行为方面的应用越来越广泛。

### 3.3 信用风险模型

在信用风险模型中，应用最广泛的是 KMV 模型、Credit Metrics 模型、Credit Risk+模型和 Credit Portfolio View 这四种模型。

KMV 模型以 Black-Scholes 的期权定价理论为依据，认为公司的破产概率在很大程度上取决于公司资产价值与其负债大小的相对关系以及公司资产市价的波动率，当公司的市场价值下降到一定水平以下时公司就会对其债务违约。它将股票价值看作是建立在公司资产价值上的一个看涨期权，用公司股价的波动率来估算公司资产价值的波动率，主要通过计算预期违约频率 EDF (Expected Default Frequency)，即贷款者在正常的市场条件下在计划期内违约的概率，来衡量信用风险的大小。

KMV 模型的优点是适用于任何一家已经上市的公司，并具有很好的前瞻性。但是遗憾的是假定一旦管理人员采纳了某一合适的债务结构就不再变化，因此是一种静态的方法，难以准确地衡量那些财务杠杆比率不断发生变化的企业的风险大小。此外，由于其是以股票市场的数据为基础的，因此对于非上市企业来说，其应用难度就比较大，而对个人信用贷款来说难度就更大了，因此适用面比较有限。

Credit Metrics 模型认为信用等级的变化才是信用风险的直接来源，而违约仅仅是信用等级变迁的一个特例。该模型的特点在于它完全基于对信用转移 (credit migration) 的分析，即分析在既定时间内一种资产的信用等级升降的概率，并用它来描绘将来时刻资产组合的价值分布，进而对资产组合以及边际信用风险进行估价、调整和管理，并依据预测出来的风险来提取资本准备金。CreditMetrics 模型覆盖了几乎所有的信用产品，包括传统的商业贷款、信用证

和贷款承诺、固定收益证券、应收账款，以及其它衍生产品，比如掉期、远期、互换、期货等。

Credit Metrics 模型的优点就在于它把人们对信用风险的认识仅仅局限于违约情况的传统思想，转移到了包括信用等级变迁在内的新情形，第一次将信用等级的转移、违约率、回收率、违约相关性纳入了一个统一的框架，全面地考虑对信用风险的度量。该模型的不足之处在于其假定转移概率在不同的借款人类型之间，以及在经济周期的不同阶段都是稳定的。但事实上，在不同的经济周期转移概率和违约率都是会发生相应变化的，因此这在一定程度上削弱了模型的准确性。

Credit Risk+模型以保险精算科学为基础，假定违约遵从泊松过程，而与公司的资本结构无关。其利用违约率的波动性来估计客户信用等级变化的不确定性以及违约的相关性，并进一步生成债券和贷款投资组合的损失分布，以计算应提列的授信损失准备。

CreditRisk+模型的优点在于其只需要相当少的数据输入(比如贷款违约率、违约率波动率和风险暴露)，就可以计算出每位债务人的边际风险贡献度以及整个投资组合的违约损失分布。其不足之处主要在于其假设每位债务人的风险暴露是固定的，从而忽略了信用等级变动和其它情况变化(例如未来利率走势)对每位债务人风险暴露的影响。

Credit Portfolio View 模型是一种通过计量经济学和蒙特卡罗模拟来分析组合风险和回报的方法。与 CreditMetrics 相比，其最大的改进就在于把宏观因素(包括系统的和非系统的，如失业率、GDP 增长率、长期利率水平、汇率、政府支出和储蓄水平等)对于违约概率和相关联的评级转移的影响纳入了模型，通过模拟宏观因素对于模型的冲击来测定转移概率的跨时演变，这样可以得到未来每一年的不同的转移矩阵，在此基础上运用 Credit Metrics 的方法计算出不同经济周期的 VaR，从而克服了 Credit Metrics 模型中由于假定不同时期的转移概率是静态的和固定的而引起的偏差，可以说是对 Credit Metrics 的一种补充。

Credit Portfolio View 模型的不足之处在于该模型的系数有赖于每个国家甚至国家内部的每个行业的违约数据，因此实际应用比较困难。

综上所述，上述四个模型虽然形式和研究的出发点各有不同，但是其基本的原理是一致的，也很难判别哪个模型实际应用效果最好。在实践中选择运用哪一

个模型主要取决于信用风险资产组合的性质，风险管理的范围和要求，以及数据的可获得性。

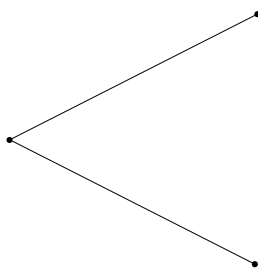
### 3.4 二叉树模型与蒙特卡罗模拟

如前所述，在对抵押支持证券定价过程中，我们要将利率期限结构动态模型和提前偿还模型结合在一起使用。而在很多情形下，我们无法得到提前偿还权的解析解，无法得到在每一个付息日，抵押支持证券确切的现金流，因此很难为抵押支持证券进行定价。在这种情况下，我们就需要用到数值分析方法。数值分析方法包括二叉树模型（Binomial Trees）、蒙特卡罗模拟（Monte Carlo Simulation）和有限差分方法（Finite Difference Methods）。在这里我们主要介绍二叉树模型和蒙特卡罗模拟。

#### 3.4.1 二叉树模型

二叉树模型首先把资产的有效期分为很多很小的时间间隔  $\Delta t$ ，并假设在每一个时间间隔  $\Delta t$  内资产价格只有两种运动的可能：从开始的  $S$  上升到原先的  $u$  倍，即到达  $Su$ ；下降到原先的  $d$  倍，即  $Sd$ 。其中， $u > 1$ ， $d < 1$ ，如图 3.2 所示。价格上升的概率假设为  $p$ ，下降的概率假设为  $1-p$ 。

图 3.2  $\Delta t$  时间内资产价格的变动

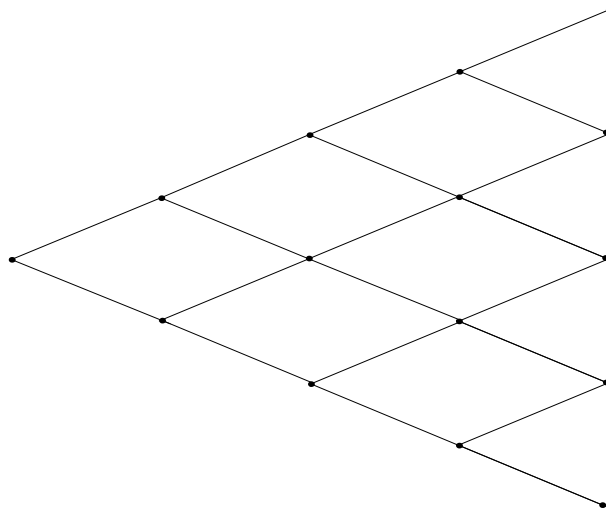


虽然在较长的时间间隔内，这种二值运动的假设不太符合实际，但是当时间间隔非常小的时候，比如在每个极短的瞬间，假设资产价格只有这两个运动方向是可以接受的。因此，二叉树模型实际上是在用大量离散的小幅度二值运动来模拟连续的资产价格运动。

在将资产的有效期划分成多个很小的时间间隔之后，假设  $u = \frac{1}{d}$ ，我们就可

以用多步二叉树模型来表示资产价格变化的完整树型结构如图 3.3 所示。

图 3.3 资产价格的树型结构



当时间为 0 时，资产价格为  $S$ 。时间为  $\Delta t$  时，资产价格要么上涨到  $Su$ ，要么下降到  $Sd$ ；时间为  $2\Delta t$  时，资产价格就有三种可能： $Su^2$ 、 $SuSd$ （等于  $S$ ）和  $Sd^2$ ，以此类推。一般而言，在  $i\Delta t$  时刻，资产价格有  $i+1$  种可能，它们可用符号表示为： $Su^j d^{i-j}$ （其中  $j=0,1,\dots,i$ ）。

在得到每个结点的资产价格之后，我们就可以在二叉树模型中用倒推定价法，从树型结构图的末端  $T$  时刻开始往回倒推，用无风险利率进行贴现，为资产进行定价。

由此可见，二叉树模型的基本定价原理在于：假设资产价格的运动是由大量的小幅度二值运动构成，用离散的随机游走模型模拟资产价格的连续运动可能遵循的路径。实际上，当二叉树模型面临两个间隔之间的时间长度趋于零的时候，该模型将会收敛到连续的对数正态分布模型，即布莱克—舒尔斯偏微分方程。由于二叉树模型简单实用而且定价结果相当精确，因此其已经成为金融领域应用最广泛的数值分析方法之一。

### 3.4.2 蒙特卡罗模拟

二叉树模型虽然能取得很好的定价效果，但是遗憾的是其不能解决路径依赖问题，而在抵押支持证券的定价中，我们知道提前偿还期权是路径依赖的，这时候我们就只能借助于蒙特卡罗模拟。

蒙特卡罗方法的实质是模拟标的变量的随机运动，预测其平均回报，并由此得到资产价格的一个概率解。其基本的定价方法如下：

(1) 从初始时刻标的资产的价格开始，直到到期为止，取跨越整个有效期的一条随机路径。

(2) 计算出在这条路径下资产的现值。

(3) 重复第一步和第二步，得到足够多的样本结果。

(4) 计算这些模拟结果的均值，即得到资产价格的估计值。

可见，在蒙特卡罗模拟中，只要选择的路径足够多，则考虑了所有期权有可能被执行的情况，因此也能得到资产价格的近似解。

蒙特卡罗模拟的主要优点包括：

(1) 在大多数情况下，人们可以很直接地应用蒙特卡罗模拟方法，而无需对定价模型有深刻的理解，所用的数学知识也很基本；为了获得更精确的答案，只需要进行更多的模拟；无需太多工作就可以转换模型。以上这些优点使得蒙特卡罗模拟成为一个相当广泛和强大的定价技术。

(2) 蒙特卡罗模拟的适用情形相当广泛，其中包括：期权的回报仅仅取决于标的变量的最终价值的情况；期权的回报依赖于标的变量所遵循的路径，即路径依赖的情形；期权的回报取决于多个标的变量的情况。尤其当随机变量的数量增加时，蒙特卡罗模拟的运算时间近似为线性增长而不象其它方法那样以指数增长，因此该方法在含有三种以上风险资产的多变量期权模型中很有竞争力。

此外，蒙特卡罗模拟可以适用于复杂随机过程和复杂终值的计算，同时在运算过程中蒙特卡罗模拟还能给出估计值的标准误差，这也是该方法的优点之一。

另一方面，蒙特卡罗模拟的缺点主要是：

(1) 只能为欧式期权定价，难以处理期权被提前执行的情形，因此对美式期权进行定价就比较困难。

(2) 为了达到一定的精确度，一般需要大量的模拟运算。尤其在处理三个以下的变量时，蒙特卡罗模拟相对于其它方法来说速度比较慢，计算比较耗时，这也使其应用受到一定的限制。

## 4. 抵押支持证券定价的一般原理

如前所述, 本文的研究重点之一是从投资者的角度出发对抵押支持证券进行研究。抵押支持证券作为一个投资品种, 对于投资者来说, 最关心的是它的收益。而在评估其收益时, 首先必须解决的问题是如何对其定价。可以说, 资产定价是一切金融工具研究的关键, 本章的主要目的即介绍对抵押支持证券进行定价的三种方法 (到期收益率法、静态利差法和期权调整价差法), 并对其进行相应的比较, 同时分析其各自的优点和不足。

### 4.1 抵押支持证券的定价方法

#### 4.1.1 到期收益率法

到期收益率法是最早的对抵押支持证券进行定价的方法。到期收益率是指使得抵押支持证券未来现金流现值等于其当前市场价格时的贴现率。其具体的模型形式如下:

$$P = \frac{CF_1}{1+r} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n} = \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i}$$

其中,  $P$  是抵押支持证券的价格,  $CF_i$  是该债券在第  $i$  期的现金流,  $r$  则是到期收益率。

从上述模型的形式上看, 抵押支持证券的定价似乎与一般债券的定价原理相同,  $r$  类似于一般债券的到期收益率。其实不然, 与普通债券不同, 抵押支持证券每期的到期现金流都是不确定的, 因此对抵押支持证券的定价还必须结合对提前偿还率的预测才能得以完成。在此模型中, 其假设在抵押支持证券的存续期内, 利率是不变的, 并且提前偿还率也与利率水平无关, 因此对抵押支持证券的定价也显得相对比较简单。

在采用到期收益率法时, 由于假设利率不变, 因此在对提前偿还率模型的选择方面, 其一般与经验模型搭配使用。在得到到期收益率之后, 我们将它与同期限的国债收益率进行比较, 两者的利差就恰好反映了抵押支持证券在信用风险、提前偿还风险和流动性风险方面的风险溢价。这一利差在投资组合管理方面有很重要的意义。首先, 它可以与历史上其它时期的利差水平作比较, 看目前的利差水平是否高于历史平均水平, 以作为资产配置参考。一般而言, 利差水平会受到两个重要因素的影响。第一个因素是房地产经济情况。当房地产开始升温时,



对住房抵押贷款资金需求增加，MBS 的发行量增加，价格下跌，因此利差水平也会增加。第二个因素是利率的波动性。住宅抵押贷款利率波动幅度增加会使抵押支持证券的利差水平上升。这是因为投资抵押支持证券的人相当于是送给贷款者一个债券的看涨期权，抵押支持证券的价格应该包含这一期权的价格。因此，当利率波动幅度加大时，看涨期权的价值会增高，此时抵押支持证券会受到提前还本的伤害，因此其价格下跌，对应的到期收益率上升，利差水平升高。另外，MBS 与同期限国债的利差，还可以与其它债券的利差水平作比较，以作为资产组合决策的参考。

到期收益率方法是对 MBS 价值进行评估的最基本工具，其主要优点是简单实用，可以作为资产选择的标准。在该方法中，我们只需要对预期早偿率进行假设，当早偿率被确定后，根据 MBS 的市场价格就能够计算出证券未来现金流的收益率。特别需要指出的是，这种方法对那些现金流几乎不受利率影响的高升水和深贴水 MBS 来说是很有用的。但这种方法也有很大的缺陷。首先，它并没有考虑收益率曲线形状对 MBS 定价的影响。在对到期收益率的计算中假定各个期限的收益率相同，但是实际情况并非如此。收益率曲线短端和长端的差异越大，按照这种方法定价的结果相对于采用各个期限真实的贴现率的定价结果偏差就越大。尤其是对于 MBS 这种每期现金流里面包含本金流入的特殊债券，采用到期收益率法其定价准确性更受到影响。其次，到期收益率方法并没有考虑不同利率路径之下现金流的波动性。它忽略了另外一些对评估 MBS 来说非常重要的因素，包括未来利率的分布和变动、以及利率与 MBS 提前偿还率之间的关系等。因此，到期收益率相当不稳定，容易出现较大的波动，这给投资者做出正确的投资选择带来了一定的困难。

#### 4.1.2 静态利差法

如前所述，考虑到抵押支持证券现金流的特殊性，有必要针对不同期限的现金流采用不同的贴现率。因此，我们将国债收益率曲线上不同期限的贴现率加上一个固定利差作为抵押支持证券的贴现率进行定价。由于我们假设该利差保持不变，因此这种定价方法又叫做静态利差法。其模型的具体形式如下：

$$P = \frac{CF_1}{1+r_1+SS} + \frac{CF_2}{(1+r_2+SS)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r_n+SS)^n} = \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+r_i+SS)^i}$$

其中， $r_i$  表示国债收益率曲线上第  $i$  期的即期利率，SS 表示静态利差。

我们可以看出，静态利差同样反映了抵押支持证券在信用风险、提前偿还风险和流动性风险方面的风险溢价。静态利差法较到期收益率法有所改进，其反映了到期收益率曲线的形状，剔除了每期贴现率不同对债券定价的影响。

但是，遗憾的是该方法还是没有考虑到不同利率路径对现金流的影响。由于利率波动使得贷款者随时可能提前还本，因此该方面计算出来的债券价格还是不太准确。此外，静态利差法还是没有剔除提前还款的期权价值的影响。与到期收益率一样，静态利差包括投资者向抵押贷款者出售利率期权所应得的补偿，这部分补偿随着利率的波动而波动，因此存在着不稳定性。

比较上述两种方法我们可以看出，静态利差法是以整条到期收益率曲线来确定债券的价格：到期收益率法是以债券的平均收益率来确定债券价格。这两种定价法在现金流量比较集中的情况下，差异不大；在现金流量分散的情况下，就会有较大的差异。到期收益率法以平均利率来评估债券价值时，对于短期的现金流量价值有低估的现象，但对于长期的现金流量价值有高估的现象，如果到期收益率曲线的斜率不是太陡，高估与低估的部分相互抵消；但是若到期收益率曲线太陡峭，则不易相互抵消，因此会产生误差。这一误差的大小不仅与到期收益率的斜率有关，也和现金流的分布有关，现金流越分散，这两种方法定价结果的差异愈大。

#### 4.1.3 期权调整价差法

如前所述，由于抵押贷款者可以随时归还所借的贷款，投资抵押支持证券的人相当于是送给抵押贷款者一个债券的看涨期权，因此在对抵押支持证券进行定价时，就必须考虑抵押贷款者所拥有的提前偿还权的成本。由于提前偿还是路径依赖的，到期收益率法和静态利差法都未能考虑提前偿还权对 MBS 收益率的影响，为了估算抵押贷款者执行提前偿还权所可能造成的风险或应给予的补偿，人们设计了期权调整价差模型，并通过蒙特卡罗模型计算期权调整价差。

期权调整价差法的基本计算原理如下：

- (1) 根据目前现有的国债的利率期限结构，利用预先选定的利率期限结构动态模型，得到若干条利率动态路径；
- (2) 根据得到的利率动态路径，结合预先选定的提前偿还模型，得到每一条路径每个节点上对应的现金流；
- (3) 根据得到的现金流，采用下列模型，得到每一条利率路径所对应的现

金流的现值  $PV(i)$ ;

$$PV(i) = \frac{CF_1(i)}{1+r_1(i)+OAS} + \frac{CF_2(i)}{(1+r_2(i)+OAS)^2} + \dots + \frac{CF_n(i)}{(1+r_n(i)+OAS)^n}$$

其中,  $CF_1(i)$  表示在第  $i$  条路径第 1 个节点的现金流,  $r_1(i)$  表示在第  $i$  条路径第 1 个节点的贴现率,  $OAS$  是假设的期权调整价差。

- (4) 假设一共有  $N$  条利率路径, 将得到的每条利率路径的现值取平均值, 则得到该抵押支持证券的理论价值;

$$PV = \frac{\sum_{i=1}^N PV(i)}{N}$$

- (5) 调整最初的期权调整价差  $OAS$ , 使得抵押支持证券的理论价值等于其市场价格, 那么就得到该债券的真实期权调整价差  $OAS'$ 。

可以看出, 期权调整价差法的优点在于尽可能考虑了足够多的利率路径。由于每一条利率路径都有所不同, 因此每一条路径上现金流的形态不同, 计算出来的证券价值也会有所不同。由于期权调整价差法已经尽可能地考虑了足够多的利率路径, 因此实际上等于考虑了所有提前偿还权可能执行的情形。将每一次模拟计算出来的证券价值加以平均, 即得到考虑了隐含提前偿还权的证券的理论价值。通过多次重复运算, 找到使得理论价值与市场价格相等的利差, 即称为期权调整价差。

在求得期权调整价差之后, 我们就可以计算出抵押支持证券中隐含的提前偿还期权的价值。我们知道期权调整价差与静态利差的差异仅在期权调整价差法考虑了住房抵押贷款者持有的提前偿还权, 因此期权调整价差与静态利差之间的差异即是提前偿还期权的价值:

$$\text{提前偿还期权价值} = \text{静态利差} - \text{期权调整价差}$$

与到期收益率法和静态利差法相比, 期权调整价差法的优点在于其不仅多考虑了利率的波动性, 也考虑了现金流的波动性。因此, 与上述两种利差相比, 期权调整价差显得更加稳定, 可以直接与其它产品直接进行对比, 有助于投资组合管理。

但是, 尽管期权调整价差法较前两种方法有了很大改进, 却也还是存在一些不足之处。首先, 期权调整价差法在计算过程中假设不同期限的风险溢价都相同,

因此在将各期现金流量进行贴现时直接将各个期限的无风险利率加上一个相同的风险溢价(即期权调整价差)。由于不同期限到期的现金流所对应的风险可能有所不同,因此这种假设依然存在一定的争议。其次,期权调整价差法同时假设各期现金流的再投资收益率等于无风险利率中加上期权调整价差,这也存在一定的争议。最后,期权调整价差的计算,还有赖于所选择的利率动态模型及提前偿还模型。当采用不同的模型(或即使模型相同但是参数不同)时,结果还是有所不同,因此会影响到投资者做出的决策。所以,在使用期权调整价差法的过程中,对于所选择的模型与参数还是要谨慎,以判断结果的可靠度。

## 4.2 定价方法的比较分析

从上述分析可以看出,对于抵押支持证券进行定价的三种方法各有利弊。到期收益率法是最简单的方法,它使用单一的到期收益率定价。静态利差法是以整条收益率曲线定价的。到期收益率法比较简单、实用,因此在业界应用较广。当债券的现金流比较集中或收益率曲线比较平坦时,到期收益率法和静态利差法定价的结果差异不大。但是当收益率比较陡或者现金流分布比较平均时,静态利差法会比较准确。

相对于前两种方法,期权调整价差法定价更为准确,其考虑了利率动态过程对于现金流与提前偿还期权的影响,因此成为目前最流行的定价方法。

与到期收益率法中的利差水平相比,期权调整价差是一种更高级的衡量证券风险溢价的工具,主要原因在于:

(1) 期权调整价差反映了由于期权的执行或者提前偿还速度的改变而导致债券预期的未来现金流现值的潜在波动,而一般的利差则仅建立在简单的现金流预测上,不包括利率的不确定性对预期现金流的影响。

(2) 期权调整价差是相对于收益率曲线上所有的点计算得到的,而一般利差是相对于无风险收益率曲线上的某一个点计算的。在收益率曲线比较陡峭的情况下,到期收益率法误差就比较大。

(3) 一般利差简单地用一个平均回收期与其相对应的同期限无风险债券作为比较,但是由于抵押支持证券的平均回收期存在不确定性,因此当平均回收期发生波动,其利差水平也随之发生波动。而期权调整价差则是相对于整个无风险债券收益率曲线而计算的,并且考虑了现金流随利率变动而变化,所以抵押支持证券的平均回收期发生变化对其利差影响不大。

而相对于静态利差法，期权调整价差的优势则在于：

(1) 由于期权调整价差模型对未来利率路径进行了大量模拟，所以可以更好地模拟未来利率路径的完整的概率分布，同时也提高了计算结果的稳定性。

(2) 基于期权调整价差模型的风险指标考虑了提前偿还率对利率的依赖性。如果利率扩散过程和利率与提前偿还率之间的函数关系可以被恰当地确定的话，对于避险来说，这种方法计算出的价格敏感度指标要比静态利差法中相对应的指标更为有用。

虽然期权调整价差方法在理论上是一种很好的方法，但它也有很多缺陷。此外，在使用的时候也需要对其含义有正确的理解。有些投资者不了解 OAS 的含义，或者完全依靠 OAS 方法进行投资决策，就会造成失误。

对于期权调整价差方法，最需要注意的一点是，OAS 与投资者取得的实际利差可能不同。因为 OAS 是对所有的利率路径取平均值，而投资者最终获得的实际利差则依赖于实际发生的利率路径，所以实际获得的利差等于所计算的 OAS 的可能性是极小的。投资者收到的实际利差可能大大地高于或低于 OAS，甚至可能是负数。OAS 代表的是对未来情况的一种概括，而不是承诺。如果投资者把 OAS 错误地理解为利润，在购买了证券后，就把其锁定在自己的资产组合里，这就有可能造成失误。其实，OAS 不能视为既定结果，而应看作是所有可能事件的综合概算。

此外，使用 OAS 方法时还需要注意的是，不能高估它的作用。OAS 方法是一个指示性的指标，而不是一个决定性的指标。因为它虽然反映了有用的信息，但也有很多缺陷，所以这个指标最好能和其它指标结合使用。OAS 模型的缺陷主要表现在：

(1) 它基本上是一个“黑箱”作业的过程。也就是说，投资者把假设条件输入模型，然后就可以得到风险和收益指标。提前偿还函数和 OAS 模型中所用的利率期限结构动态模型一般只有模型的设计者知道，从而使得投资者不能对模型的这些关键点而进行考察。而且，即使投资者可以知道模型的这些具体内容，可能也很难对其进行评估——它要求投资者必须要了解模型对假设的敏感性。由于模型的结果对具体模型设定和假设的敏感性不同，所以很难在绝对数值的基础上比较这些结果。总而言之，OAS 模型的结果不应该单独使用，而应该和到期收益率法的结果一起使用，因为简单的方法可以用来检验复杂模型定价结果的合理性。

(2) 在期权调整价差方法中，采用不同的模型参数和提前偿还预期都会导致最终的计算结果不同。可见，模型的结果只能作为投资决策的指导性指标，而不是决定性的指标。只有在相同的假设前提和方法下计算出来的 OAS 结果，才能用于相似证券之间相对价值的比较。

(3) 期权调整价差模型仅考虑了利率的不确定性，当其它因素影响证券的现金流时，模型还有待进一步修正。

由此可见，由于没有一种价值评估方法能够完全单独地解释 MBS 的价格变化。因此一般都采用多种方法来评估 MBS。在实际应用中，尽管现在 OAS 方法被广泛使用，但总的来说，三种方法都是非常有用的。而且，投资者不应该只关注模型计算出来的 MBS 风险和收益指标，还要关注分析每种方法得出的结果对模型假设的敏感度。我们不能只关注对 MBS 的风险和收益的点估计，还要关注和这些点估计相关的置信区间。

## 5. 中国抵押支持证券定价研究

在本章中，我们将采用第四章提到的期权调整价差法对中国抵押支持证券进行定价分析。由于我国抵押支持证券的发展才刚刚起步，债券品种比较少，目前市场上流通的抵押支持证券只有一支，即 2005 年 12 月 15 日中国建设银行发行的“建元 2005—1 个人住房抵押贷款支持证券”（以下简称“2005 建元 MBS”）。因此本章的主要目的就是针对该债券进行定价研究。

### 5.1 “2005 建元 MBS”的基本特征

“2005 建元 MBS”是国内首支抵押支持证券，其发行总额为 30.17 亿元人民币，首个计息日为 2005 年 12 月 19 日，法定最终到期日为 2037 年 11 月 26 日，其票面利率为浮动利率，每月付息一次，利率基准为中国外汇交易中心每日公布的 7 天回购加权平均利率 20 个交易日的算术平均值（以下简称“B\_1M”）。利率基准每月调整一次，取上一次支付日前第 5 个工作日的 B\_1M。

为了实现信用增级，2005 建元 MBS 采用分层的技术，将发行的证券分成优先级和次级两类，次级债券本金和收益的支付都在优先级证券的本息支付之后，规模为 0.905 亿元。优先级证券中又分为 A、B、C 级三档，规模分别为 26.698 亿元 2.036 亿元 0.528 亿元。三档证券的主要区别是本息偿付的先后顺序不同，A 级证券的利息和本金支付的优先级最高，其次是 B 级证券，最后是 C 级证券。该债券的主要条款如下：

表 5.1 “2005 建元 MBS”产品基本信息

产品名称	建元 2005—1 个人住房抵押贷款支持证券
发行总量	30.167 亿元
发行日	2005 年 12 月 19 日
法定到期日	2037 年 11 月 26 日
付息类型	浮动利率，每月付息一次
浮动利率基准	银行间债券市场 7 天回购加权平均利率 20 个交易日的算术平均值（B_1M）
面值	100 元

## 5. 中国抵押支持证券定价研究

各层次债券名称	优先 A 级	优先 B 级	优先 C 级	次级档
规模	26.698 亿元	2.036 亿元	0.528 亿元	0.905 亿元
规模占比	88.50%	6.75%	1.75%	3%
信用评级	AAA	A	BBB	无评级
票面利率	B_1M+110bp	B_1M+170bp	B_1M+280bp	
预期加权平均回收期（假设 CPR 为 12.98%）	3.15 年	9.24 年	9.3 年	NA
交易方式	银行间债券市场流通	银行间债券市场流通	协议转让	向建行定向发行
利率上限	平均贷款利率-119bp	平均贷款利率-60bp	平均贷款利率-30bp	

资料来源：中国建设银行，建元 2005-1 个人住房抵押贷款证券化信托发行说明书，2005 年 12 月。

住房抵押贷款资产池的基本信息如下：

**表 5.2 “2005 建元 MBS” 贷款资产池基本信息表**

未偿本金余额	30.17 亿元
贷款笔数	15162 笔
分布地区	4 个
其中	上海余额占 56.17%，笔数占 38.66%
	无锡余额占 4.84%，笔数占 8.95%
	泉州余额占 14.75%，笔数占 21.25%
	福州余额占 24.24%，笔数占 31.14%
单笔贷款平均本金余额	198963 元
加权平均贷款年利率	5.31%
加权平均贷款剩余期限	172 个月
加权平均贷款帐龄	32 个月
加权平均贷款初始抵押率	67.19%
加权平均贷款抵押人年龄	36 岁

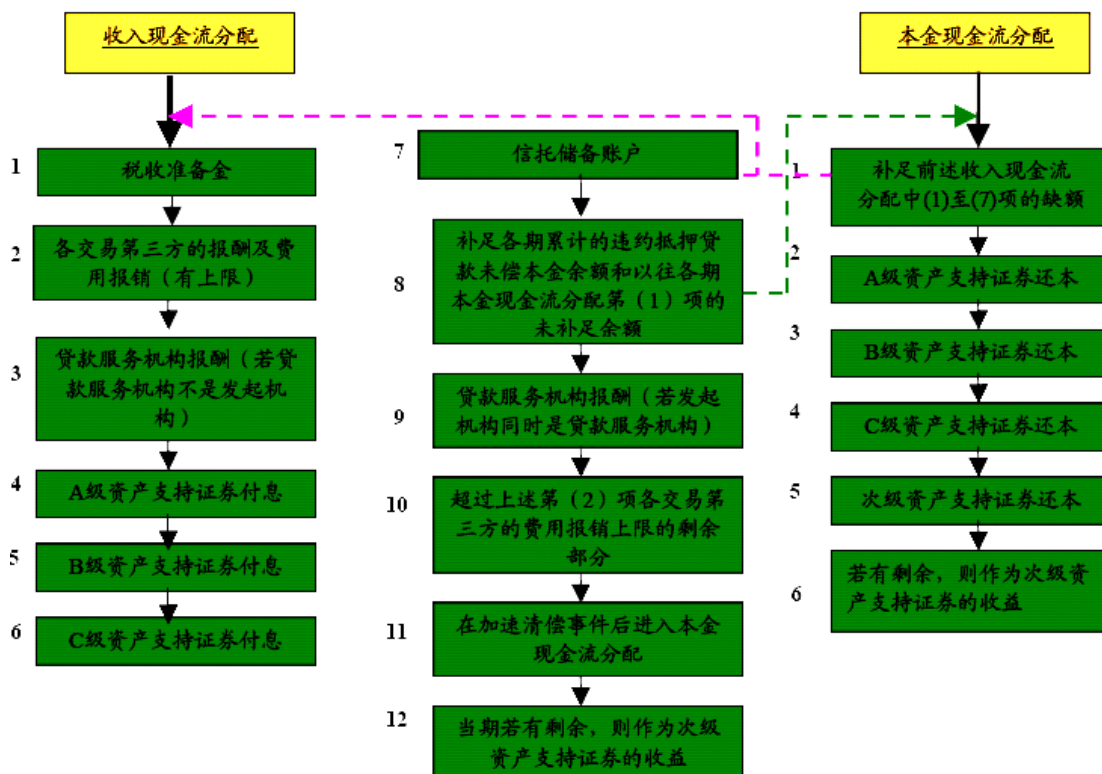
资料来源：中国建设银行，建元 2005-1 个人住房抵押贷款证券化信托发行说明书，2005 年 12 月。



从“2005 建元 MBS”的基本信息可以看出,该债券属于担保抵押贷款凭证(CMO)的一种,是以个人住房抵押贷款组合作为担保而发行的多组债券,其通过分组实现了信用增级和投资期限的划分。

在没有发生贷款违约的情况下,其现金流结构如下图:

图 5.1 无违约情况下“2005 建元 MBS”的现金流示意图

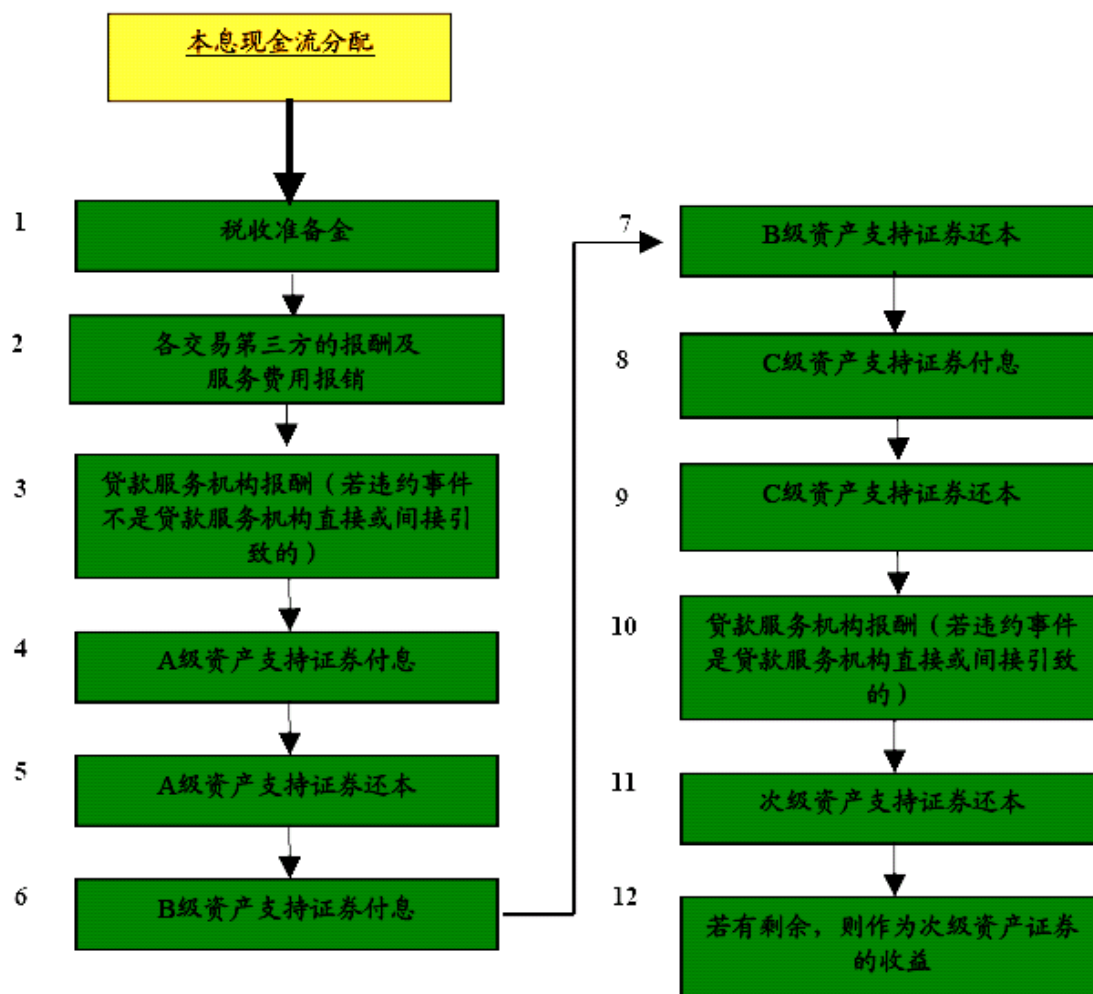


资料来源:中国建设银行,建元 2005-1 个人住房抵押贷款证券化信托发行说明书,2005 年 12 月。

可以看出,在没有发生贷款违约的情况下,贷款组合的现金流将按照本金和利息的不同分别进入两个账户,并按照优先次序依次向 A 级、B 级和 C 级证券支付利息和本金。由于 B 级证券必须等到 A 级证券被清偿之后才能收到回收的本金,因此 A 级证券将最先被清偿,其投资期限也最短。由于 A 级证券的还本付息收到 B 级、C 级和次级债券的保护,因此 A 级证券的信用风险也最小。

而在发生贷款违约的情况下,其现金流结构如下图:

图 5.2 违约情况下“2005 建元 MBS”的现金流示意图



资料来源：中国建设银行，建元 2005-1 个人住房抵押贷款证券化信托发行说明书，2005 年 12 月。

可以看出，如果发生贷款违约，则贷款组合收到的本息现金流在扣除相关服务费用之后，先直接向 A 级证券付息和还本，而 B 级证券只有在 A 级证券被清偿之后才有可能收到还本付息，同样 C 级证券则必须等到 B 级证券被清偿之后才能收到还本付息。A 级证券虽然信用风险最小，但是提前偿还风险最大。

由于“2005 建元 MBS”属于浮动利率债券，因此在发行时其对基本利差进行荷兰式招标。其中 A 级证券的基本利差申购区间为 0.90%—1.10%，B 级证券的基本利差申购区间为 1.50%—1.70%，C 级证券的申购区间为 2.55%—2.84%。最终，A、B、C 级三档证券基本均以申购价格区间的上限中标，基本利差分别为 A 级 1.10%，B 级 1.70%，C 级 2.80%，发行价格均为 100 元/百元面值。因此本章的主要目的就是通过定价分析研究上述三个基本利差是否合理。

## 5.2 定价研究设计

### 5.2.1 模型构建

#### (1) 利率动态模型

在对抵押支持证券定价过程中，模拟未来短期无风险利率的变化路径无疑是最重要的，因为无论是未来现金流还是贴现率的确定都依赖于短期无风险利率的水平。尤其是对“2005 建元 MBS”来说，由于其采用浮动利率，因此一方面未来的短期无风险利率可以确定利率基准 B\_1M 的水平，从而确定各档次证券的票面利率；另一方面，在期权调整价差法中，贴现率也是在未来的无风险利率的基础上加上 OAS 得到的。因此，模拟未来短期利率走势是定价的关键，相应地，选择合适的利率期限结构动态模型也就十分重要。

从银行间债券市场 7 天回购加权平均利率历史走势图（见图 5.3）可以看出，从 1999 年 6 月至 2006 年 9 月，银行间债券市场 7 天质押式回购利率始终在 2.12% 上下波动，最高到达 3.64%，最低到达 1.085%，表现出明显的均值回归的特点。而 CIR 模型能很好地模拟出短期利率均值回归的特性，而且与 Vasicek 模型相比不会出现负利率的情况，因此在对利率基准 B\_1M 的模拟中，我们决定采用 CIR 模型。CIR 模型的具体形式如下：

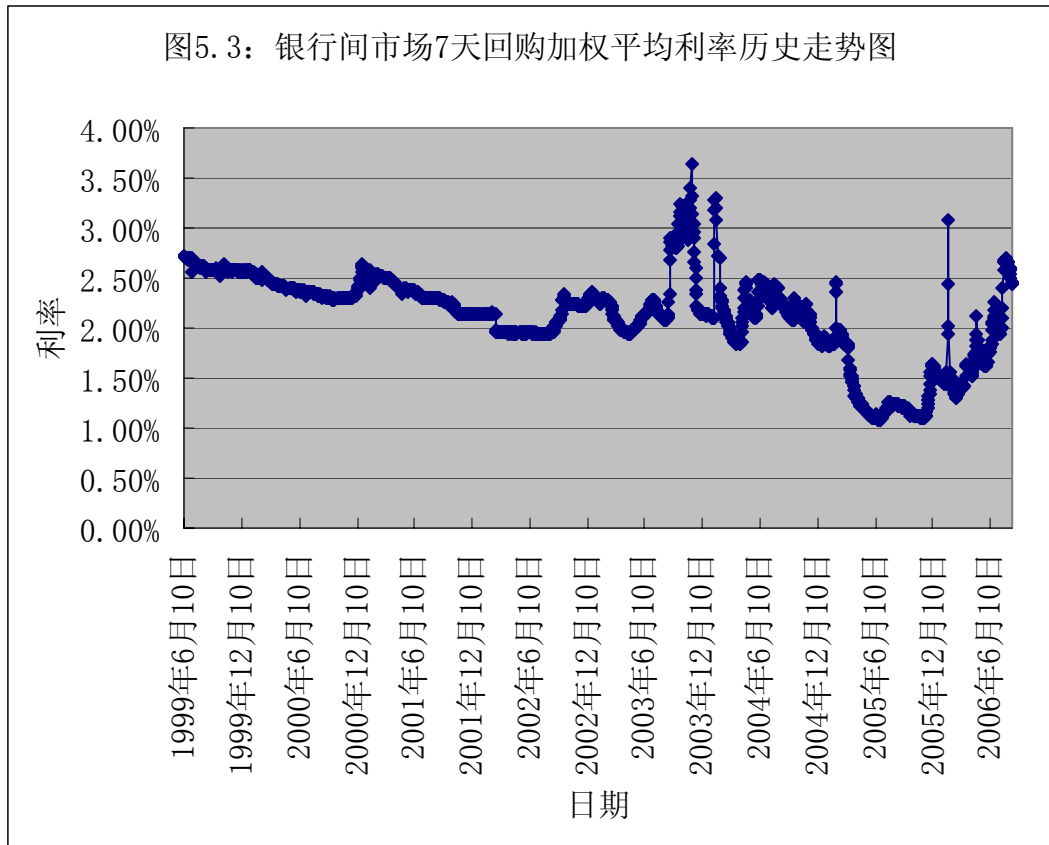
$$dr = \kappa(\mu - r)dt + \sigma\sqrt{r}dZ$$

其中， $\kappa$  为均值回归调整速度，

$\mu$  为短期利率的长期均值，

$\sigma$  为短期利率的标准差，

$dZ$  是一个维纳过程。



在确定未来每一期现金流的贴现率时，我们决定采用 BDT 模型。这是因为，与均衡模型相比，无套利模型诱导的利率期限结构能与当前市场观察到的利率期限结构一致。而在无套利模型中，BDT 模型不仅能够与当前市场的利率期限结构保持一致，而且还能与当前即期利率的波动率期限结构也保持一致。此外，由于 BDT 模型假设短期利率服从对数正态分布，因此模型不会出现利率为负的情况，同时还具有均值回归的性质。BDT 模型的具体形式如下：

$$d \ln r = (\theta(t) - \phi(t) \ln r) dt + \sigma(t) dz$$

其中均值回归速度  $\phi(t) = \frac{\partial \sigma(t) / \partial t}{\sigma(t)}$ ， $\theta(t)$  是漂移项，短期利率的长期均值

是  $\theta(t) / \phi(t)$ 。

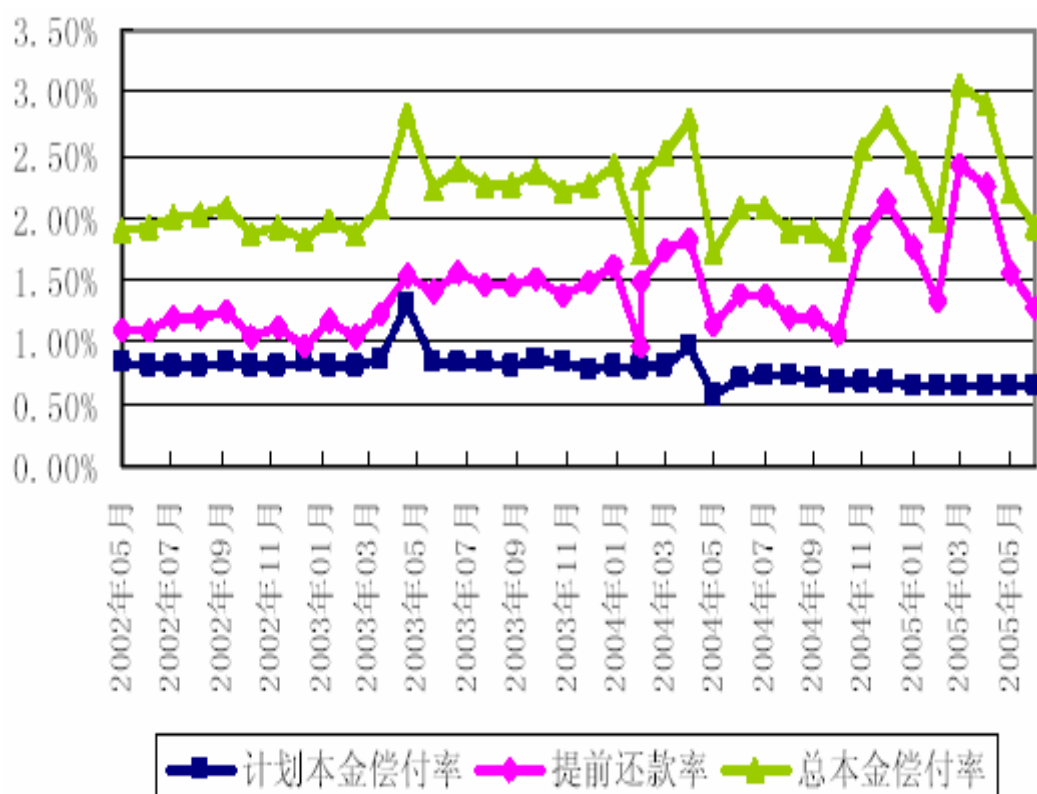
由于 BDT 模型无法得到解析解，因此我们建立二叉树模型进行求解。而因为“2005 建元 MBS”的付息频率是一个月，因此我们将二叉树的时间间隔设定为一个月。“2005 建元 MBS”的最长期限可达 32 年，以月为间隔的二叉树的时间段共有 384 个，对应的利率路径一共有  $2^{384}$  条。此外，由于二叉树模型无法解决路径

依赖问题，因此我们采取了蒙特卡罗模拟方法，按照从期初到期末的顺序，依次从 $2^{384}$ 条路径中随机抽取足够多的路径，然后基于每一条路径计算现金流的现值，最后取这些现值的均值。我们最终决定一共抽取 10000 条路径，这是因为选择 10000 条路径计算的结果已经基本收敛，因此这样既可以保证足够的模拟次数，使最终的结果不会受到某些偏离度比较大的利率路径的影响，也能使计算过程的效率得到提高。

## (2) 提前偿还模型

本金有可能被提前偿还是抵押支持证券区别于其它债券的最大特征，因此在对抵押支持证券进行定价时，如何建立合适的提前偿还模型是关键。如前所述，在西方发达国家影响贷款者提前还款的因素有利率水平、利率路径、贷款账龄、经济环境和季节性因素等。但是，在中国由于消费和储蓄的习惯不同，贷款者提前还款的诱因可能与国外不尽相同。

图 5.4：“2005 建行 MBS” 贷款资产池过去三年提前还款率变化示意图



资料来源：中国建设银行，建元 2005-1 个人住房抵押贷款证券化信托发行说明书，2005 年 12 月。

结合“2005 建行 MBS”贷款资产池过去三年提前还款率的变化，可以看到在

中国提前还款行为具有以下特征：

首先，中国人没有形成借钱消费的习惯，随着贷款账龄的延长，提前还款率也在逐渐上升。从图 5.4 可以看出，在 2003 年 5 月以前贷款资产池的月提前还款率整体平均水平保持在 1% 左右，而从 2003 年 5 月以后则上升至 1.5% 左右，并上下波动。提前还款率的上升可能跟借款人收入提高，积蓄增多有关。

其次，贷款基准利率上升对提前还款率影响比较大，贷款利率上升，提前还款率随之大幅上升。从图 5.4 可以看出，在 2004 年 10 月和 2005 年 3 月中国人民银行连续两次上调住房贷款基准利率后，月提前还款率均上升至 2% 以上。这与国外的情况是不同的，这主要是因为在中国个人住房抵押贷款大部分是浮动利率贷款，因此贷款利率上升，借款人无论是保持老的贷款还是申请新的贷款都面临一样的贷款利率水平，因此借款人并没有再融资动机。而当贷款利率上升之后，对于中国人来说，其明显感到的是利息负担加重。因此此时贷款人会努力寻求其它的融资渠道（比如向父母或亲戚朋友借钱）来归还贷款。

最后，在中国提前还款也存在较为明显的“耗尽”（Burnout）效应。从图 5.4 可以看出，在央行升息导致提前还款率在短期内大幅上升之后，其一般只维持两三个月的时间，又很快地回到了正常的提前还款率水平。这主要是因为，在部分有能力提前还款的借款人加速还款之后，剩下的借款人可能对升息并不敏感或者没有能力提前还款，因此提前还款率又迅速恢复到正常的水平。

基于以上特征，我们建立的提前还款模型如下：

$$SMM_t = \left\{ \begin{array}{ll} 1.5\% & 1 \leq t \leq 24 \\ 1.6\% & 25 \leq t \leq 48 \\ 1.7\% & 49 \leq t \leq 72 \\ 1.8\% & 73 \leq t \leq 96 \\ 1.9\% & 97 \leq t \leq 120 \\ 2\% & 121 \leq t \leq 144 \\ 2.1\% & 145 \leq t \leq 168 \\ 2.2\% & 169 \leq t \leq 192 \\ 2.3\% & 193 \leq t \leq 216 \\ 2.4\% & 217 \leq t \leq 240 \\ 2.5\% & 241 \leq t \leq 264 \\ 2.6\% & 265 \leq t \leq 288 \\ 2.7\% & 289 \leq t \leq 312 \\ 2.8\% & 313 \leq t \leq 336 \\ 2.9\% & 337 \leq t \leq 360 \\ 3.0\% & 361 \leq t \leq 384 \end{array} \right.$$

其中， $SMM_t$ 表示第  $t$  个月的提前偿还率。

$$SMM_t = \frac{PP_t}{MB_{t-1} - SP_t}$$

其中， $PP_t$ 是每月提前偿还的本金数额， $MB_{t-1}$ 为月初贷款组合本金余额， $SP_t$ 为每月计划应还的本金数额。

在我们建立的提前偿还模型中，我们假设随着贷款账龄的增加，提前偿还率会逐渐上升，平均贷款账龄每增加 2 年，月提前还款率上升 0.1%。这主要基于以下几个考虑：

首先，中国人没有借钱消费的习惯，一旦手中的积蓄增多，其首先想到的是要提前还款。

其次，该贷款资产池中的借款人平均年龄比较低，加权平均贷款抵押人年龄只有 36 岁，正处于经济收入开始增加的年龄段，而这个年龄段一般不会再有大的开支，因此随着贷款账龄的增加，借款人的经济状况逐步得到改善，因此正常情况下其会选择提前还款。

再次，我们认为中国的经济发展状况在可以预见的将来仍将保持平稳增长。随着中国经济环境的进一步改善，居民的整体收入水平也会有所提高，因此居民的整体提前还款能力将会逐渐提高。

然后，由于贷款资产池里面的住房抵押贷款全部是浮动利率贷款，当贷款利率下降时，借款人申请新的贷款和维持老的贷款利息支出是一样的，因此当贷款利率下降时，在中国不会像在西方发达国家一样，出现大量再融资以提前还款的现象。此外，目前在中国申请再融资也不如在西方发达国家那么方便，因此我们估计贷款利率即使下降，对提前还款率也没有什么影响。

最后，根据历史经验统计，提前还款率并不是随时间增长呈线性增长，其在每上升到一定水平之后在一段时间内均会保持相对稳定，因此我们采用分段函数的形式表示提前还款率的变化。

为了反映贷款利率上升对提前还款率的影响，我们对模型还做了进一步修正，具体模型形式如下：

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{令 } a = R_0 \\ \text{if } R_t - a \geq 0.01, \text{ then } SMM_{t+1} + 0.5\%, SMM_{t+2} + 0.5\%, SMM_{t+3} + 0.5\% \\ \text{并令 } a = R_t \\ \text{if } R_t - a \geq 0.01, \text{ then } SMM_{t+1} + 0.5\%, SMM_{t+2} + 0.5\%, SMM_{t+3} + 0.5\% \end{array} \right.$$

其中， $R_0$  为期初的短期无风险利率， $R_t$  为第  $t$  期的短期无风险利率， $a$  为中间变量。

我们假设短期无风险利率每上升 100 个 bp，贷款基准利率就将上调，此时贷款利率上调后的第一个月、第二个月和第三个月的提前还款率都会上升 0.5%，而在第四个月之后则又回复到正常的水平。这主要是基于以下几点考虑：

首先，在中国，贷款利率并不是市场化利率，其由央行负责调控，因此无法通过利率动态模型模拟其未来的变化。但是我们知道，贷款利率上调和短期无风险利率上升都反应了一个趋紧的货币政策信号。也就是说，为了预防经济过热，央行就会通过适当地引导市场利率上行来为宏观经济降温。由于短期无风险利率是市场化利率，因此其对宏观经济变化一般比较敏感，而当短期无风险利率上升到一定阶段，贷款利率也一般会随之上调。两者发生变化的方向是一致的，发生变化的时点也基本一致。这从过去贷款利率变动的历史已经得到过验证。比如在 1998 年到 2002 年的几次降息中，贷款利率和短期无风险利率都基本在同一时间段内有所下降。因此，我们根据历史经验估计每当短期无风险利率上升 100 个 bp，则贷款利率随着发生上调（一般上调幅度为 27 个 bp 左右）。

其次我们认为，虽然贷款利率上调对提前还款率短期的影响相当大，但是贷款利率上调导致的提前偿还率上升存在“耗尽”（Burnout）效应。这是因为，历



史经验表明贷款利率上调对提前偿还率的影响是短期的而不是长期的。贷款利率上调导致的提前还款率上升一般只维持三个月的时间,然后又回到了正常的提前还款率水平。因此我们假设,贷款利率每次上调后的第一个月、第二个月和第三个月的提前还款率都会上升 0.5%,而在第四个月之后则又恢复到正常的水平。

### 5.2.2 利率基准与数据来源

在建立 CIR 模型的过程中,我们使用的数据是从 1999 年 6 月 10 日至 2005 年 12 月 14 日银行间债券市场 7 天质押式回购加权平均利率。这主要是因为 1999 年以后,我国银行间债券市场才开始逐渐发展壮大,交易量逐渐增加,所得到的数据也更加真实。而 1999 年以前,由于市场成交并不是非常活跃,因此可得的数据不多,数据连续性较差,波动率也比较大,因此不适合用于预测分析。

建立 BDT 模型需要输入无风险利率期限结构和波动率期限结构。我们选择银行间债券市场国债的利率期限结构作为无风险利率期限结构,分析日期是 2005 年 12 月 19 日。这主要是因为相对于交易所债券市场,银行间债券市场的交易量更大,成交价格更具代表性。我们采用指数样条法对国债利率期限结构进行拟合,并计算利率的对数波动率,结果如下:

表 5.3: 国债利率期限结构和波动率期限结构 (2005 年 12 月 19 日)

期限	利率	利率的对数波动率
1 年	1.41%	60.53%
2 年	1.86%	25.15%
3 年	2.18%	22.32%
4 年	2.39%	17.63%
5 年	2.58%	16.41%
6 年	2.77%	16.18%
7 年	2.97%	14.46%
8 年	3.14%	13.88%
9 年	3.23%	15.79%
10 年	3.25%	18.76%
15 年	3.21%	18.27%
20 年	3.55%	14.06%
30 年	3.66%	14.73%

### 5.2.3 定价分析过程

“2005 建元 MBS” 优先级证券根据本息偿付的先后顺序不同共分三档，分别是 A 档 26.698 亿元、B 档 2.036 亿元、C 档 0.528 亿元。这三档优先级证券都是浮动利率债券，其票面利率是在基准利率（B\_1M）的基础上加上一定的利差，该利差通过招标来确定。因此我们的定价分析就是要研究各档次证券的定价是否合理。我们基本的定价思路是：首先确定债券未来的现金流，然后选择适当的贴现率，将未来现金流贴现到当前时刻，从而得到一个理论价格。我们采用期权调整价差法进行定价，确定当该证券的理论价格等于其发行价格（即面值）时的期权调整价差，并结合市场上其他债券判断该期权调整价差是否合理。

具体的定价步骤如下：

- (1) 用 CIR 模型估计未来银行间债券市场 7 天回购加权平均利率。
- (2) 根据各档次优先级证券的票面利差和预测的银行间债券市场 7 天回购加权平均利率，确定各档次证券在未来每个付息日的票面利率。
- (3) 将各档次证券在未来每个付息日的票面利率与该档次证券的利率上限进行比较，取较小者作为该档次证券的最终票面利率。
- (4) 根据各档次证券信用风险和流动性风险溢价，假定其初始的 OAS 值。
- (5) 用 BDT 模型预测未来短期的无风险利率，通过二叉树模型得到 BDT 树。
- (6) 用蒙特卡罗模拟从 BDT 树上随机抽取 10000 条路径。
- (7) 对于每一条路径，根据提前偿还模型，估计在该路径上每个付息日的提前偿还率。
- (8) 根据得到的提前偿还率，确定未来每个付息日的本金现金流，同时根据每个付息日的未偿本金余额确定利息现金流。
- (9) 用无风险利率加上估计的 OAS 值得到的贴现率，对得到的本金和利息现金流逐级往回贴现。
- (10) 取这 10000 条路径最终贴现值的平均值，即得到该证券的理论价值。
- (11) 调整最初设定的各档次证券的 OAS 值，使得该证券的理论价值等于面值 100 元。此时，得到的期权调整利差就为该档次证券合理的期权调整利差。

### 5.3 信用风险分析

根据 Credit Metrics 模型，贷款组合的信用风险可以用该贷款组合的违约

概率和违约后的损失率来衡量，即将该贷款组合的违约概率乘以违约后的损失率进行计算。由于中国缺乏时间足够长的贷款违约历史数据，而资产池中相关的信息披露也比较有限，这为我们的量化分析带来了很大的困难，因此我们只能利用一些公开信息做一些简要的分析。

以优先 A 级证券为例，首先我们要确定住房抵押贷款组合的违约概率。由于中国目前没有住房抵押贷款违约概率矩阵，因此我们借用 Fitch 构造的香港住房抵押贷款违约矩阵进行估计。在香港住房抵押贷款违约矩阵中，借款人的负债收入比例与贷款房价比例是判断违约概率的两个主要因素，前者反映了借款人的还款能力，后者反映了借款人的还款意愿。香港 AAA 级个人住房贷款违约概率矩阵如表 5.4 所示，可以看出，负债收入比例越高，贷款房价比例越高，则违约的概率越大。

表 5.4 香港 AAA 级个人住房抵押贷款违约概率矩阵

负债收入比例 贷款 房价比例	<20%	20%-30%	30%-40%	40%-50%	>50%
<30%	6%	7%	7%	8%	9%
30%-40%	7%	8%	9%	10%	11%
40%-50%	9%	10%	11%	12%	14%
50%-60%	10%	11%	13%	13%	16%
60%-65%	11%	12%	14%	15%	17%
65%-70%	12%	13%	15%	16%	18%

资料来源：Fitch

贷款房价比例是住房抵押贷款额与房屋总价的比例。该比例越低，说明借款人对房屋的权益投资比例就越高，偿还贷款的意愿就越强。“2005 建元 MBS”资

产池的加权平均初始抵押率（即抵押贷款在发放时的原始合同金额与抵押房产的评估值和购买价格的较小者的比例）为 67.19%，处于相对比较高的水平。不过随着部分贷款本金的偿还和房价的上涨，目前资产池的贷款房价比应该低于初始抵押率。目前未偿贷款本金占贷款总额的比例为 81.1%，而 2003 年至 2005 年福州地区（福州和泉州）房价上涨比例大约在 8.5% 左右，上海地区（上海和无锡）房价上涨比例大约在 52.8% 左右，因此我们在考虑了部分本金偿还和房价上涨因素之后，估计贷款资产池目前整体的贷款房价比例应该在 40%—50% 之间。

负债收入比例是指借款人每月总的应还债务额除以每月的总收入的比例。首先，我们估算贷款所在地每户家庭的可支配月收入。根据 2004 年全国人均可支配收入，我们可以估算出上海地区和福州地区每户的可支配月收入分别为 6521 元和 4273 元<sup>1</sup>。其次，我们估算借款人每月需要偿还的债务。贷款资产池中，上海和福州地区平均每笔贷款余额分别为 28.91 万元和 14.81 万元，按照 5.31% 的平均贷款利率，172 个月的平均剩余年限计算，如果采用等额本息的方式还款，则每月应还的本息额分别为 2434 元和 1247 元。由此，我们可以计算出上海地区和福州地区的负债收入比分别为 37.3% 和 29.2%。以贷款余额为权重，我们可以估计出贷款资产池的平均负债收入比为 34%。

由此，根据香港住房抵押贷款违约矩阵，我们初步估计该贷款资产池的基本违约率在 11% 左右，这还得结合其它风险因素进一步分析。我们认为，“2005 建元 MBS” 的资产池还存在以下几个因素：首先，我们观察资产池的贷款拖欠情况。从建行公布的逾期贷款统计图来看，虽然逾期 3—6 个月和逾期 6 个月以上的贷款比例一直在 2% 以下，并且呈现下降的趋势，但是逾期 3 个月内的贷款比例一直在 8—10% 之间，处于相对比较高的水平。基于此我们将违约概率提高 2 个百分点。其次，从资产池贷款地域分布情况看，我们认为资产池贷款地域分布过于集中，仅包括上海、无锡、福州和泉州 4 个城市，尤其是上海的贷款余额比例高达 56.2%，而上海的房价恰恰又是近年来上涨幅度最高的，因此我们认为这存在一定的风险。基于此我们将违约概率提高 3 个百分点。最后，我们从购房目的看。如果购房是出于自用目的，则违约风险相对较小，如果购房是出于投资目的，一旦房价出现下跌，则违约风险较大。根据建设部的调查，2004 年上海地区城市商品住宅投资性购房比例大约在 20% 左右。基于此，我们将违约概率再次提

<sup>1</sup>数据来源：国家统计局网站。

高 3 个百分点。

综上，我们估计“2005 建元 MBS”优先 A 级债券的违约概率在 19%左右。

在确定违约概率之后，我们接下来需要分析的是贷款预期损失程度。

个人住房抵押贷款如果发生违约，则其贷款损失程度应该是抵押物变现值与贷款余额的比例。抵押物的变现值主要跟房价有关。如前所述，近两年中国整体房价有所上涨，尤其是以上海地区涨幅最大，因此我们估计当发生违约时，上海地区住房价格下跌 50%，福州地区住房价格下跌 20%，根据其各自的贷款余额占比，我们估计加权平均预期房价跌幅为 38.3% ( $61.01\% \times 50\% + 38.99\% \times 20\% \approx 38.3\%$ )。考虑到资产池的加权平均初始抵押率为 67.19%，目前未偿贷款本金占初始贷款总额的比例为 81.1%，因此我们估计违约时贷款损失程度应该在 21%左右 ( $38.3\% \times 67.19\% \times 81.1\% \approx 21\%$ )，加上处理抵押物时涉及到的诉讼、管理、税收等相关费用，我们估计贷款损失程度大约为 35%。

据此，我们估计对于优先 A 级证券来说，其受险价值比例大概为 6.65%。同理，我们可以估计出优先 B 级和 C 级证券的受险价值比例分别为 8.4%和 10.15%。

我们知道“2005 建元 MBS”采用了分层的信用提升措施，即分成优先 A 级、优先 B 级、优先 C 级和次级档四个档次发行，贷款资产池的现金流收入按照优先级别的高低进行分配，即优先级别高的证券将先于优先级别低的证券得到偿付。因为只有优先级别高的证券得到完全偿付之后，优先级别低的证券才能得到偿付，因此这种结构安排实际上是使得优先级别较低的证券为比它优先级别高的证券提供信用保护。由于优先 A 级、B 级、C 级和次级证券余额占比分别是 88.49%、6.75%、1.75%和 3.01%，且次级证券由建行单独持有，因此我们可以计算出优先 A 级、B 级和 C 级证券受到的信用支持率分别为 11.51%、4.76%和 3.01%。我们将其与优先 A 级、B 级和 C 级证券的受险价值比例分别进行比较，可以看出，优先 A 级证券的偿付基本能得到较为充分的保障，而优先 B 级和 C 级证券的偿付则未能得到充分的保障，存在一定的信用风险。具体情况如下表：

表 5.5 “2005 建元 MBS”各档次证券信用风险分析表

	优先 A 级	优先 B 级	优先 C 级
信用支持率	11.51%	4.76%	3.01%
受险价值比例	6.65%	8.4%	10.15%
两者差异	4.86%	-3.64%	-7.14%

## 5.4 研究结果分析

### 5.4.1 定价结果

根据期权调整价差法，OAS 是保证模型计算出来的理论价值和实际交易价格一致的价差，可以用来比较不同 MBS 之间相对价值的大小。但是，由于“05 建元 MBS”是国内首支抵押支持证券，因此无法从市场上得到相应的 OAS 基准，所以只能参考市场其它类似产品的 OAS 来确定“05 建元 MBS”合理的 OAS 水平。

目前银行间债券市场上与 MBS 结构比较接近的产品是基于 7 天回购利率的浮息债，主要是政策性银行发行的金融债和国有商业银行发行的次级债，其利率基准是银行间债券市场 7 天回购加权平均利率 10 个交易日的算术平均值（简称 B-2W）。由于 B-2W 与 B\_1M 基本没有什么差异，因此我们用其跟“2005 建元 MBS”进行比较。

在 2005 年 12 月 19 日，银行间债券市场基于 7 天回购利率的附息债 04 国开 20（040220）和 05 中行 02（050602）的 OAS 值分别是 60bp 和 105bp。首先，从信用风险角度来看，由于政策性金融债基本没有信用风险，次级债体现的是国有商业银行的信用风险，而优先 A 级证券体现的是贷款人的信用风险，因此从风险来源而言，优先 A 级证券的信用风险显然要高于次级债，但是根据我们前面的分析，考虑到优先 A 级证券有其它证券提供信用支持，因此我们认为其信用风险溢价应该与次级债接近，甚至略低于次级债，我们估计为 100bp。其次，从流动性风险角度看，由于抵押支持证券不能用于做回购，因此从融资便利性上不如次级债，加之目前市场成员对于抵押支持证券还不是非常熟悉，市场认知度不高，因此其流动性会受到较大的影响，我们估计需要的流动性溢价是 40bp。综上，我们估计“2005 建元 MBS”优先 A 级证券合理的 OAS 值应该是 140bp。

与优先 A 级证券相比，优先 B 级证券信用风险更大，由于其信用评级是 A 级。从国外 AAA 级和 A 级企业债的信用利差来看，其大约是 30bp；而 2005 年 11 月南京商业银行发行的信用评级为“AA-”的次级债信用利差比国有商业银行次级债高 20 个 bp，因此我们估计优先 B 级证券的信用利差应该比优先 A 级证券高 30 个 bp。此外，由于优先 B 级证券发行规模太小，只有 2 亿元，因此这对其流动性也会造成一定的影响，我们估计其流动性溢价应该比优先 A 级证券高 10 个 bp。综上，我们估计“2005 建元 MBS”优先 B 级证券合理的 OAS 值应该是 180bp。

对于优先 C 级证券来说，由于其必须给优先 A 级和 B 级证券提供信用支持，而且其自身受到的信用支持只有 3.01%，因此其信用风险就更大了。优先 C 级证券的信用评级是 BBB 级，从国外 AAA 级与 BBB 级企业债的信用利差来看，一般在 80bp 左右，因此我们估计其信用利差应该比优先 A 级证券高 80bp。此外，考虑到优先 C 级证券不仅规模更小，而且无法在银行间债券市场流通，因此我们保守估计其流动性溢价应该比优先 B 级证券高 10bp。综上，我们估计“2005 建元 MBS”优先 C 级证券合理的 OAS 值应该是 240bp。

我们采用 Matlab 进行编程，将得到的结果与“2005 建元 MBS”合理的估值进行比较，结果如下：

表 5.6 “2005 建元 MBS”定价结果和市场合理估值对照表 （单位：bp）

	优先 A 级	优先 B 级	优先 C 级
模型定价结果 (OAS)	98.27	124.54	188.02
市场合理估值 (OAS)	140	180	240
差异 (OAS)	-41.73	-55.46	-51.98

从上表可以看出，“2005 建元 MBS”的发行定价很不合理，其优先 A 级、B 级和 C 级证券隐含的 OAS 分别比市场合理估值低 41.73bp、55.46bp 和 51.98bp。如果根据其合理的期权调整价差，那么优先 A 级、B 级和 C 级证券的票面利差分别应该达到 152bp、225bp 和 332bp。因此，我们认为“2005 建元 MBS”的发行定价被严重高估。

#### 5.4.2 敏感性分析

为了进一步分析抵押支持证券票面利差和提前还款速度的变化对期权调整价差的影响，我们分别对其进行了敏感性分析。

票面利差的变化对期权调整价差的影响如下表所示：

表 5.7 票面利差对“2005 建元 MBS”期权调整价差的敏感性分析表（单位：bp）

债券类型	优先 A 级						
	票面利差	80	90	100	110	120	130
OAS	68.2	78.22	88.25	98.27	108.3	118.32	128.31
两者差异	11.8	11.78	11.75	11.73	11.7	11.68	11.69
债券类型	优先 B 级						
	票面利差	140	150	160	170	180	190
OAS	94.85	104.74	114.64	124.54	134.44	144.24	154.24
两者差异	45.15	45.26	45.36	45.46	45.56	45.76	45.76
债券类型	优先 C 级						
	票面利差	250	260	270	280	290	300
OAS	157.93	167.96	177.99	188.02	198.07	208.11	218.14
两者差异	92.07	92.04	92.01	91.98	91.93	91.89	91.86

从上表可以看出，票面利差对“2005 建元 MBS”期权调整价差的影响有以下几个特征：（1）期权调整价差随着票面利差的增大而增大。这说明随着票面利差的上升，“2005 建元 MBS”对投资者的吸引力在逐渐增大。（2）期权调整价差的绝对值低于票面利差的绝对值。而且随着信用级别的降低，两者之间的差异在逐渐增大。对优先 A 级证券来说平均是 11.7bp，对优先 B 级证券来说平均是 45.5bp，对优先 C 级证券来说平均是 92bp。（3）一般票面利差每上升 10bp，期权调整利差也上升 10bp 左右，两者存在一定的线性相关关系。这可以使我们在



发行时根据自己所可以承受的成本，方便地通过调整票面利差来为抵押支持证券进行定价分析。

我们假设提前偿还率在抵押支持证券整个存续期保持不变，分析其变化对期权调整价差的影响，具体情况如下表所示：

**表 5.8 提前偿还速度对“2005 建元 MBS”期权调整价差的敏感性分析表**

提前偿还速度 (CPR)	10%	15%	20%	25%	30%	40%	建行假 设 12.98%
优先 A 级							
加权平均回收期 (年)	3.63	2.88	2.35	1.97	1.67	1.24	3.15
OAS (bp)	80.17	106.14	135.93	113.78	167.49	195.72	88.88
优先 B 级							
加权平均回收期 (年)	11.34	9.32	7.75	6.57	5.63	4.26	10.08
OAS (bp)	69.54	67.37	133.18	128.57	96.7	119.91	106.83
优先 C 级							
加权平均回收期 (年)	13.82	11.57	9.75	8.27	7.11	5.4	12.41
OAS (bp)	141.51	140.46	181.78	171.5	220.96	259.25	167

从上表可以看出，提前还款速度对“2005 建元 MBS”期权调整价差的影响大体有以下几个特征：（1）随着提前还款速度加快，抵押支持证券的加权平均回收期在缩短，期权调整价差相应有所上升。这说明随着提前偿还速度加快，虽然各等级抵押支持证券的利息收入都在下降，但是本金贴现值增加的影响更大。（2）对于优先 A 级证券来说，随着提前还款速度增大，期权调整价差增加的幅度却逐渐在减小；而对于优先 C 级证券来说，随着提前还款速度增大，期权调整价差增加的幅度则基本不变。比如优先 A 级证券当提前偿还速度从 10% 上升到 20% 时，期权调整价差上升了 55.76bp，而从 20% 上升到 30% 时，期权调整利差只上升

了 31.56bp。而优先 C 级证券当提前偿还速度从 10% 上升到 20% 时，期权调整价差上升了 40bp，从 20% 上升到 30% 时，期权调整利差也上升了 40bp 左右。(3) 当提前偿还速度 CPR 增加到 20% 左右时，期权调整价差会出现明显的跳跃上升。比如，当 CPR 上升到 20% 左右时，优先 A 级证券的期权调整价差突然上升到 135.93bp，而优先 B 级证券和优先 C 级证券的期权调整价差则分别突然上升到 133.18bp 和 181.78bp。(4) 在各种提前偿还速度假设下，优先 C 级证券的期权调整价差都是最高的，而优先 B 级的期权调整价差则是最低的。这说明优先 C 级证券的期权调整价差体现了其对信用风险的补偿，而信用 B 级证券则没有体现这种补偿，因此优先 B 级证券的相对投资价值最低。

## 6. 抵押支持证券的风险分析与控制

本章主要从投资者角度分析抵押支持证券所存在的风险，并用一些指标来对这些风险进行量化，同时提出相应的风险防范策略。

### 6.1 抵押支持证券风险概述

风险是指由于未来的不确定性所造成的行为结果与主体事前期望发生偏差的情况。抵押支持证券作为一种特殊的固定收益证券，主要面临的风险有提前偿还风险、信用风险、利率风险、流动性风险。

#### 6.1.1 提前偿还风险

提前偿还风险是指由于抵押贷款者提前偿还抵押贷款本金，造成抵押支持证券的现金流发生波动，从而给投资者带来的风险。也就是说，提前偿还风险是由抵押支持证券现金流的不确定性所引发的风险。根据抵押贷款余额被提前偿还的程度，提前偿还分为完全早偿（Full Payoff）和部分早偿（Partial Prepayment）。提前偿还行为使债券到期期限变得不确定，使投资者面临再投资的风险，因此直接影响抵押支持证券的价值和收益率。

提前偿还风险是抵押支持证券所面临的主要风险。如前所述，当利率下降时，抵押贷款者会考虑以较低的成本重新融入资金并归还抵押贷款本金，此时对于投资者来说，虽然提前收到了本金，但是由于此时其面临的市场利率比较低，因此其实际投资收益率下降。其次本金的提前偿还还造成未来利息现金流也随之下降。因此抵押贷款者提前还款速度过快，对于投资者来说相当不利。

对于购买了抵押支持证券的投资者来说，其相当于送给了抵押贷款者一个利率的美式看跌期权。由于抵押支持证券投资期限一般比较长，抵押贷款者拥有了在该证券存续期内随时执行期权的权利，因此利率的波动率越大，对于投资者来说所面临的风险也越大。

#### 6.1.2 信用风险

信用风险(Credit Risk)是指由于抵押贷款者或者中介服务机构违约给投资者造成损失的可能性。信用风险是金融活动中最基本和最重要的风险类型之一，它具有如下基本特征：（1）不确定性。它受道德水平、经营能力、资本规模、担保、经营环境等多种因素的共同影响，很难做出预测和计量。（2）损失性。它与利率风险和提前偿还风险的显著区别在于，它在任何情况下都不可能产生收益，其后果只有损失。（3）极强的传递性和扩散性。（4）积累性和突然性。信用风险

可能会慢慢累积，然后突然间爆发。(5) 综合性。各种的金融风险所造成的损失，如经济、政治、自然灾害等，最终都有可能引发信用风险。信用风险也是抵押支持证券有别于普通固定收益产品的一大风险。

抵押支持证券所面临的信用风险可能来自于以下几个方面：首先，抵押贷款资产池信用质量恶化。抵押贷款者有可能出于某种原因拖欠还款、甚至是停止偿还贷款，此时抵押支持证券的现金流就会受到比较大的影响。其次，违约贷款的回收风险。这是指着违约事件发生后，中介服务机构或投资者对借款人的抵押物进行清算时未能全额回收资产的风险。回收风险的大小主要取决于抵押物的变现能力和变现的难易程度。如果当抵押物的价值发生比较大的下跌，或者是抵押物变现的程序比较复杂时，回收风险就比较大。最后，中介服务机构的信用级别下降。如果中介服务机构的资信恶化，则有可能导致服务机构的变更，这有可能导致借款人到期现金流回收和管理上的延迟，从而引发对抵押支持证券的延迟支付。

### 6.1.3 利率风险

利率风险(Interest Risk)是指由于市场利率的波动导致投资者遭受投资损失的风险。这是所有固定收益产品所共同面对的一种风险，抵押支持证券也不例外。

抵押支持证券所面临的利率风险主要来自以下三个方面：首先，与其它固定收益产品一样，当市场利率上升时，将导致证券价格下降，从而给投资者带来市值评估损失。由于抵押支持证券的投资期限通常比较长，因此如果投资者没有能力将该证券持有到期，在利率上升时提前出售该证券，那么市值评估损失就将转化为直接的投资损失。其次，市场利率下降时，抵押支持证券本金与利息收入的再投资收益率将会下降，而此时利率下降所导致的提前还本的增加还将进一步加剧这一不利影响。最后，利率变化会导致抵押支持证券本金现金流发生波动，这一不确定性会给投资者的预期收益带来影响。

### 6.1.4 流动性风险

流动性风险是指由于抵押支持证券流动性不足而在二级市场买卖时所可能遭受的损失。流动性反映了金融产品以合理的价格在市场上流通、交易以及变现的能力。衡量流动性的两种重要因素是时间和交易成本。如果抵押支持证券的二级市场比较发达，在无其它外在因素影响价格的情况下，证券可以随时大量地买

卖而价格又不发生明显的波动，那说明该证券产品的流动性较高。相反，如果二级市场不发达、交易量小或者交易成本过高，则表明证券产品的流动性较差。流动性比较差的抵押支持证券产品的持有者因某种原因欲将其变现时，往往不得不付出高昂的成本或者大幅降低价格才能出售，从而遭受一定的损失。

一般而言，抵押支持证券的流动性主要跟以下几个因素有关：（1）发行规模。通常证券的发行规模与流动性成正比。即发行规模越大，参与的机构越多，流动性越好。（2）二级市场的活跃程度。二级市场交易的活跃程度越高，则相关证券的流动性越好。（3）设计产品的复杂程度。证券产品的复杂程度越高，其产品定价就越不易为大众掌握，市场成员的认知程度就越低，流动性就会相应下降。（4）投资者类型。证券投资者的类型分布越广泛，交易需求就越多，交易成本也越低，流动性就越强。（5）信用风险。通常抵押支持证券的信用评级越高，违约风险越小，证券未来不确定性也越低，流动性就越高。（6）是否有做市商等相关制度安排。如果抵押支持证券产品有做市商提供做市，则其流动性就会得到大幅提高。

由于抵押支持证券在我国毕竟是一种刚刚萌芽的产品，与传统的固定收益证券相比，市场成员认知度不高，流通规模相对比较小，因此其流动性相对比较弱。如果投资者选择在二级市场抛售持有的抵押支持证券，特别是在市场利率较高的时候抛售，证券的变现将相对比较困难，投资者将遭受流动性不佳所带来的证券折价损失。

## 6.2 抵押支持证券风险的度量

### 6.2.1 提前偿还风险的度量

对于提前偿还风险的衡量主要取决于对提前偿还速度和未来利率走势的判断。我们通常用有条件的提前偿还率来反映提前偿还速度。有条件的提前偿还率是指提前偿还的金额占资产池当期期初余额扣除当期按计划应支付的本金余额后的比例，其具体计算公式如下：

$$CPR = 1 - (1 - SMM)^{12}$$

$$SMM_t = \frac{PP_t}{MB_{t-1} - SP_t}$$

其中， $PP_t$ 是每月提前偿还的本金数额， $MB_{t-1}$ 为月初贷款组合本金余额， $SP_t$ 为每月计划应还的本金数额。

另外一个反映提前偿还速度的指标则是加权平均回收期，其具体计算公式如下：

$$WAL = \frac{\sum_{t=1}^T P_t}{\sum_{t=1}^T P_t} * t$$

$P_t$  为债券在第  $t$  期所回收本金。

在其它条件相同的情况下，加权平均回收期越短，则提前偿还速度越快。

此外，如前所述，抵押支持证券的投资者相当于向抵押贷款者出售了一个提前偿还期权，抵押贷款者有权决定在该证券的存续期内是否执行该期权。因此在对抵押支持证券进行定价时，其期权调整价差其实已经包含了投资者出售提前偿还期权的成本。因此在其它条件相同的条件下，如果 OAS 越高，则说明相对应的提前偿还风险越大。

### 6.2.2 信用风险的度量

对于抵押支持证券来说，衡量其信用风险有两种渠道。最直观最方便的方式是观察其信用评级。信用评级是指由专门的评级机构根据发行人提供的信息材料，辅之调查、咨询、预测等手段，运用一些先进的分析工具，对证券的质量、信用等进行公正、客观的评价和定级。不同的评级机构对证券级别的划分虽不完全相同，但归纳起来大都可以分为三个大等级，即投资级、投机级和违约级。例如，国际权威评级机构穆迪公司和标准普尔公司都将信用级别分为十级，级别由高到低依次分为 Aaa/AAA、Aa/AA、A、Baa/BBB、Ba/BB、B、Caa/CCC、Ca/CC、C 和 D。证券信用等级反映了证券还本付息的可靠程度。如 Aaa/AAA 级证券意味着安全性最高，它几乎没有风险，即使发生意外，还本付息也不存在问题；Baa/BBB 级为投资级中最低的一级，通常为投资与投机级别的分界线，表明该证券信用程度一般，偿还债务的能力一般，信用记录正常，但其未来还本付息能力受到较多不确定因素的影响，存在一定的风险；Ba/BB 级开始表明有投机因素，不能保证债券未来的安全性，存在较大风险；C 级表明风险很大；而 D 级表明债券偿付基本无望。

衡量信用风险的另外一种方法是计算该证券的在险价值(Value at Risk, 简称 VaR)。在险价值是指按某一确定的置信度，对某一给定的时间期限内不利的市场变动可能造成投资组合的最大损失的一种估计。换句话说，VaR 可以在给定

的置信度（如 95%、97.5%、99%等）下衡量抵押支持证券在一段给定的时间内（比如说一年）由于信用风险可能发生的最大损失。

根据第三章提到的信用矩阵(Credit Metrics)模型,我们通过三步计算 VaR,具体步骤如下:

(1) 确定债券信用等级变动的联合概率

信用评级公司会将债券的信用等级在一定时期内从一个级别变动到另一个级别的概率以矩阵的形式定期公布,称作转移矩阵(Transition Metrics),具体内容如下表:

表 6.1 标准普尔一年转移矩阵 (%)

开始等级	一年后等级概率							
	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	D
AAA	90.81	8.33	0.68	0.06	0.12	0.00	0.00	0.00
AA	0.70	90.65	7.79	0.64	0.06	0.14	0.02	0.00
A	0.09	2.27	91.05	5.52	0.74	0.26	0.01	0.06
BBB	0.2	0.33	5.95	86.93	5.30	1.17	0.12	0.18
BB	0.03	0.14	0.67	7.73	80.53	8.84	1.00	1.06
B	0.00	0.11	0.24	0.43	6.48	83.46	4.07	5.20
CCC	0.22	0.00	0.22	1.30	2.38	11.24	64.86	19.79

资料来源: Standard&poor' s Creditweek April 17, 2006

从上表可以看出,信用等级为 AAA 级的债券在一年后信用等级下降到 AA 级的概率是 8.33%。

(2) 确定在不同信用等级下抵押支持证券的现值。

也就是说,我们可以根据信用等级的不同,确定一年后抵押支持证券在各种信用等级下的 OAS 值,并进行贴现,从而得到在各种信用等级下抵押支持证券价格的变化。具体计算公式如下:

$$PV_i = \frac{CF_1}{1+r_1+OAS_i} + \frac{CF_2}{(1+r_2+OAS_i)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r_n+OAS_i)^n}$$

其中,  $OAS_i$  是表示在第  $i$  种信用等级下的期权调整价差,

$PV_i$  是表示在第  $i$  种信用等级下抵押支持证券的现值 (或者说价格),

$CF_i$  表示在第  $i$  条路径第 1 个节点的现金流,

$r$  是无风险利率。

### (3) 计算在险价值量 (VaR)

计算出债券各种信用等级下的贴现值后, 我们通过下式分别计算均值  $\mu$  和标准差,

$$\mu = \sum (P_i * PV_i)$$

$$\sigma = \sum (PV_i - \mu)^2 * P_i$$

其中,  $P_i$  为一年后债券处于各信用等级的概率。

假设我们要求的置信度是  $X\%$ , 我们就可以算出该证券的 VaR 值:

$$VaR = -S * \sigma * N^{-1}(1 - X\%)$$

其中  $N^{-1}(g)$  为标准正态分布的累积函数的逆函数,  $S$  为该证券的投资总额。

### 6.2.3 利率风险的度量

对于利率风险的度量我们经常使用的指标是久期和凸性。久期可以衡量债券的平均到期时间, 代表了债券价格对利率的敏感度, 通常用来反映利率每变动一定的百分比债券价格的变动幅度, 因此是衡量债券风险最重要的指标。一般来说, 债券的久期越大, 则其利率风险越大。

用修正久期来近似估计利率变动与债券价格变动之间关系的方程式如下:

$$\frac{\Delta P}{P} \approx -D^* \Delta y$$

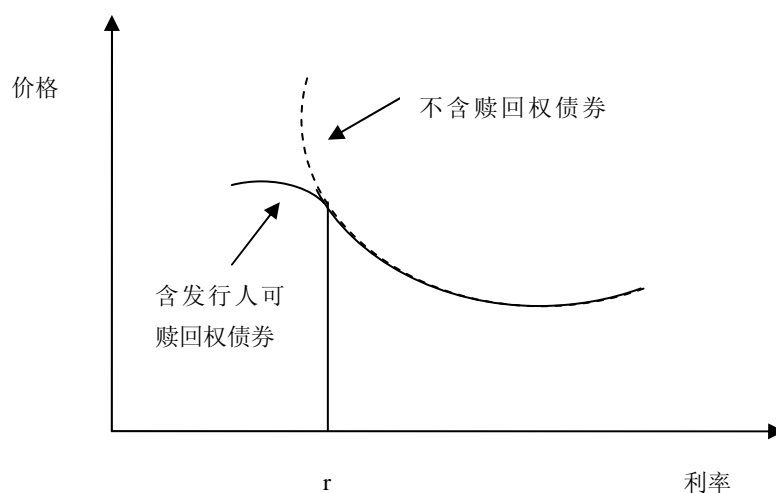
债券的凸性 (Convexity) 是指债券价格变动率与收益率变动关系曲线的曲度。一般来说, 当利率下降时, 凸性越大, 则债券价格实际上升的幅度越大; 当利率上升时, 则债券价格实际下跌的幅度越小。因此对于投资者来说, 在其它条件相同的情况下, 凸性越大越好。凸性越大, 则债券的利率风险越小。考虑了凸性问题后, 利率变动幅度与价格变动幅度之间的关系可以重新写为:



$$\frac{\Delta P}{P} = -D^* \Delta y + \frac{1}{2} C (\Delta y)^2$$

虽然对于普通债券来说，用修正久期和凸性就足以衡量债券的利率风险了，但是对于抵押支持证券来说这还不够。这是因为对于现金流可变，尤其是对现金流随未来利率水平变化的含权债来说，当利率有较大波动时，修正久期误差较大。例如对于内嵌发行人赎回权的债券，当利率下降较快时，市场预期发行人将以较低的赎回价赎回债券，债券价格的上涨将受到抑制，呈现“负凸性”，这与不含赎回权的债券有很大的不同，具体如图 6.1 所示：

图6.1 含权债的负凸性



抵押支持证券属于含权债券，由于利率变动会对其现金流产生一定的影响，因此就不能用传统的久期和凸性衡量债券的利率风险，而是应该采用有效久期（effective duration）和有效凸性（effective convexity）。有效久期和有效凸性指假设整条利率曲线水平向上（向下）移动，对债券价格的影响，其计算公式如下：

$$\text{有效久期} = \frac{P_- - P_+}{2(P_0)(\Delta y)}$$

$$\text{有效凸性} = \frac{P_- + P_+ - 2(P_0)}{(P_0)(\Delta y)^2}$$

对于抵押支持证券，我们必须通过计算该债券的 OAS 来得到债券的有效久期

和有效凸性。具体方法如下：首先计算出抵押支持证券的 OAS 值，然后保持 OAS 不变，将整条收益率曲线上各平行移动一定的幅度  $\Delta y$ （比如说 25 个 bp），计算出此时抵押支持证券的价格  $P_+$  和  $P_-$ ，然后就可以算出相应的有效久期和有效凸性。此时，有效久期和有效凸性又称为期权调整久期和期权调整凸性。

除了有效久期，还有两种方法可以估计抵押支持证券的利率风险，这分别是经验久期和息票利率曲线久期。

经验久期（empirical duration）有时又被称为隐含久期（implied duration），是根据历史价格和收益率凭经验估计抵押支持证券的价格敏感性的一种方法，其在估计时要用到回归分析。经验久期最早由 Scott Pinkus 和 Marie Chandoha 于 1986 年提出，其大致方法如下：

首先，利用每日数据进行下列回归，估计出参数  $b$ ：

抵押支持证券价格变化 =  $a + b * (10\text{年期国债的收益率变化})$

其次，利用下式计算经验久期：

$$\text{经验久期} = \frac{b * (\text{抵押支持证券的价格变化} / 10\text{年期国债的收益率变化})}{\text{抵押支持证券的价格}}$$

经验久期的优点在于：首先，计算久期不依赖于任何理论公式或分析假设；其次，所需的参数通过回归分析很容易就能确定；最后，唯一需要输入的数据是抵押支持证券的价格序列和 10 年期国债的收益率序列，计算相对比较简便，实用性较强。

但是其不足之处也比较明显：首先，要想取得抵押支持证券可靠的价格序列可能比较困难，这对于交易比较少的证券来说更是如此；其次，其在实际应用中并没有考虑内含期权对抵押支持证券价格的影响，这可能会歪曲经验久期；再次，历史价格可能滞后于当前的市场条件，特别在当利率出现剧烈波动时，这一缺点更是明显；最后，国债收益率的波动率可能会对经验久期有较大的影响。

相比起经验久期，息票利率曲线久期就显得更加简单。其最早由 Douglas Breeden 提出，指的是从相似的抵押支持证券的息票曲线开始，通过上下滚动息票曲线就得到了久期，因此又被称为“滚上滚下法”（roll-up, roll-down）。例如，我们假设当前抵押支持证券的息票曲线如下：

表 6.2 抵押支持证券息票曲线示意图

息票	价格
6%	85.19
7%	92.06
8%	98.38
9%	103.34
10%	107.28
11%	111.19

假设债券以息票为 8% 时的价格出售，则此时

$$\text{久期} = \frac{103.34 - 92.06}{2(98.38)(0.01)} = 5.73$$

这种方法优点是计算简单，但是适用范围有限。

除了上述指标，我们还有一些相对直观的方法可以判别抵押支持证券的利率风险大小。我们可以观察不同抵押支持证券产品的特征，一般来说，在其它条件相同的情况下，抵押支持证券产品的息票利率越高，其久期相对越短，利率风险越小；提前偿还速度越快，利率风险相对越小；到期期限越长，利率风险相对越大。

#### 6.2.4 流动性风险的度量

抵押支持证券的流动性通常可以从深度和广度两个方面来衡量。广度指标主要用来衡量该证券的交易成本因素，其最常见的指标是买卖价差，指的是该证券在当前市场上最佳卖价和最佳买价之间的差额。当买卖价差越小，则说明市场广度越大，该证券流动性越好。

市场深度则指的是某证券在某一个特定价格水平上可交易的数量，其反映了该证券在特定价格（最优价格）上可交易的能力。深度指标可用来衡量市场的价格稳定程度，深度指标越大，则该证券在市场上的流动性越好。

其计算方法是：

$$\text{深度} = (\text{最高买价上买盘总数} + \text{最低卖价上卖盘总数}) / 2$$

此外，另外一个比较简单的衡量流动性的指标是换手率。换手率也称交易周转率，是一个衡量证券持有时间的指标。其计算公式是以某证券在某一段时间内

的交易量除以该证券的流通总额。换手率越大，则说明投资者平均持有证券的时间越短，该证券的流动性越好。

除了以上三个比较简单的指标，衡量抵押支持证券流动性的还有以下方法：

Kyle(1985)提出了一个反映市场深度的模型——价格冲击模型，用于分析交易行为对价格变化的影响。其计算方法是分析一个固定时间间隔内的交易量对价格变化的影响。该模型可以表示为下式：

$$p = \mu + \lambda y, D = \frac{1}{\lambda}$$

其中， $p$  为价格， $y$  为交易量， $\mu$  为证券的真实价值， $\lambda$  为回归系数， $D$  为市场深度。

$\lambda$  反映了价格对交易量的敏感度， $\lambda$  越小，则价格对交易量越不敏感，故交易量对价格的冲击越小，市场流动性越高。

Gloster and Harris (1998) 提出了一个基于交易成本衡量流动性的模型，该模型具体形式如下：

$$\Delta P_t = \alpha q_t + \beta(D_t - D_{t-1}) + \varepsilon_t$$

其中， $\Delta P_t$  为在  $t$  时刻成交价格的变化量

$q_t$  为交易量（正号表示买进，负号表示卖出）

$D$  为表示交易方向的虚拟变量

$\alpha$  表示可变交易成本

$\beta$  表示固定交易成本

$\varepsilon_t$  为误差项

$\beta$  值越大，则价格变化越容易受到交易方向变化的影响； $\alpha$  值越大，则价格越容易受到卖盘或者买盘的影响。也就是说， $\alpha$  和  $\beta$  值越大时，则交易成本越高，流动性越低。

### 6.3 抵押支持证券风险管理策略

由于提前偿还风险和信用风险是抵押支持证券有别于普通债券最大的风险，因此本节主要对提前偿还风险和信用风险的防范策略进行分析。

### 6.3.1 提前偿还风险的防范

提前偿还风险是抵押支持证券所面临的最大的风险。一般而言,防范提前偿还风险可以采取以下措施:(1)建立住房抵押贷款提前支付的数据库,加强对贷款人提前支付行为的分析。由于我国抵押支持证券刚刚处于起步阶段,因此相关的研究数据比较缺乏,而要对提前偿还风险进行分析,经验数据是个前提。所以我国必须尽快建立有关提前偿还贷款的数据库,并对这些数据库进行必要的分析。只有这样才能进一步推动抵押支持证券的发展。(2)加强对市场利率与提前偿还率之间关系的研究,研究两者之间的变化规律。利率波动是影响提前偿还率最重要的因素,因此在对提前偿还风险的预测方面,一定要结合对利率走势的分析判断进行。(3)考虑适当增加贷款人提前还款的交易成本,以约束贷款者的提前偿还行为。目前,西方发达国家普遍采用征收提前还款手续费的方式来增加贷款者的提前还款的成本以减少提前还款风险。我们知道,如果商业银行允许贷款者可以随时归还所借贷款而不收取任何费用,则相当于送给了贷款者一个免费的利率看跌期权。因此对贷款者提前还款适当征收一定的手续费就相当于向贷款者收取了提前偿还期权的期权费。如果中介服务机构能将收取的手续费再转付给抵押支持证券投资者,则投资者所面临的提前偿还风险就得到了补偿。(4)积极进行产品创新,综合利用多种金融工程工具对提前偿还风险进行剥离,设计出内含提前偿还风险的产品。目前,在西方发达国家,各种抵押资产证券衍生产品层出不穷。这些产品通过结构上的创新将抵押支持证券的现金流在不同的投资者中间进行分配,使得不同的投资者能够各取所需,回避自己所厌恶的各种提前偿还风险,以对抵押支持证券进行套期保值。

### 6.3.2 信用风险的防范

由于抵押支持证券资产池参与者众多,影响因素复杂,只要其中任一环节出现违约,就可能引发信用风险,所以为了吸引投资者的购买,就必须适度降低信用风险以提高抵押支持证券收益的可靠性。因此,在抵押支持证券发行过程中通常采用信用增级(Credit Enhancement)的手段以提高证券的信用级别。根据国际经验,信用增级后,抵押支持证券信用级别可得到显著提升,通常介于国债与企业债券信用级别之间,违约风险也大为降低。

信用增级的方式主要分为两大类,即内部信用增级(internal credit enhancement)和外部信用增级(external credit enhancement)。

内部信用增级主要有以下几种方式：(1) 超额担保。超额担保是最简单的一种信用增级方式，其指的是使作为抵押品的资产价值超过证券本身所发行的总金额。(2) 优先结构安排。优先结构安排指的是将拟发行的抵押支持证券分为两部分：高级证券和次级证券。高级证券和次级证券还可以再细分成更多的类别如A、B、C级。级别高的证券享有优先受偿权，只有当高级证券持有人得到完全偿付的情况下，次级证券持有人才可能得到偿付。换句话说，次级证券就好像是高级证券的保护层，资产池中发生的违约损失，都被次级证券所吸收。只有违约损失超过次级证券的发行额时，高级证券才有可能受到非足额偿付的影响。因此，对于高级证券来说，其信用级别就得到提升。(3) 利息差保护。利息差保护指的是将资产池中的基础资产的利息与抵押支持证券的利息之间的差额，作为避免投资者发生损失的第一道防护墙。如果发生违约损失，发行人所获得的利息差额将被首先用来偿付证券持有人的本金。因此，该利息差越大，对抵押支持证券的信用提高程度就越大。(4) 储备基金。这指的是发行人将每月收到的现金流在扣除支付给证券持有人的本金和利息以及相关的费用后，将得到的收益净额存入到特设的储备基金中，用于弥补今后信用风险发生所可能造成的损失。

外部信用增级主要有以下几种方式：(1) 保险公司担保合约。保险公司担保合约指的是由保险公司作为保证人，采取保险合约形式，当抵押支持证券发生违约损失时，则由保证人负责履行偿付义务。由于保险公司担保抵押支持证券本金和利息的按期偿付，因此属于第三方完全信用提高形式。(2) 第三方担保。第三方担保是指由第三方(保险公司或发行人的母公司)提供的对违约损失补偿的保证。该种形式的担保一般只保证偿付约定的最大损失额，因此属于第三方部分信用提高形式。(3) 信用证。信用证是由金融机构(如银行等)发行的、提供对额定的违约损失进行补偿的保证书。(4) 现金担保账户。在利用现金担保账户进行信用提高的情况下，发行人从商业银行借入信用增级所需的资金额，然后将资金投资于高等级的短期商业票据。由于它会产生实际的现金流，是一种现金担保品，所以现金担保账户的提供者的信用等级下降不会导致抵押支持证券的信用等级下降，因此优于第三方担保。(5) 投资担保。投资担保跟优先结构安排有点类似，不同的是其直接由一个指定的外部机构购买抵押支持证券中的次级证券，从而为抵押支持证券中的高级证券提供信用支持。而优先结构安排，属于内部信用增级方式，高级证券所得到的信用支持需要次级证券的足额成功发行来保证。

### 6.3.3 利率风险的防范

利率风险可以说是所有固定收益产品所共同面临的风险。利率风险的控制与管理是极其复杂的。近年来，随着国际资本市场上金融创新不断涌现，规避与化解利率风险的方法也日益增多。目前，最常用的规避利率风险的手段是利率互换、利率远期和约、利率期货和利率期权等。投资者为了规避利率风险，可以购买与所投资产品相适应的利率衍生产品进行套期保值。

### 6.3.4 流动性风险的防范

由于抵押支持证券在中国属于比较新的固定收益投资品种，因此很多投资者对其还不是很熟悉，其流动性也因此受到限制。为了防范其流动性风险，可以考虑采取以下措施：（1）大力发展住房抵押贷款市场，以增加抵押支持证券的发行量。由于目前抵押支持证券的发行量还比较少，因此市场对其关注程度不够。要想提高抵押支持证券的流动性，治本之策在于增加抵押支持证券的发行量。而要想增加抵押支持证券的发行量，关键在于需要有一个繁荣的住房抵押贷款市场的支持。（2）加强宣传和政策引导，提高投资者对于抵押支持证券的认知度。（3）推行做市商制度，从而为抵押支持证券的交易提供流动性。从国外的经验来看，实行做市商制度对于提高证券的流动性帮助很大。在抵押支持证券发展的初期，可以考虑在抵押支持证券的交易中引入做市商制度，以提高其在二级市场交易的活跃程度。

## 7. 中国抵押支持证券的设计研究

与前文不同，本章主要是从发行者的角度对抵押支持证券进行讨论，内容共分四节，第一节分析发行抵押支持证券的成本与收益，第二节研究抵押支持证券的发行结构与运作流程，第三节和第四节则分别讨论抵押支持证券资产池的构建和品种设计。

### 7.1 发行抵押支持证券的成本与收益分析

抵押支持证券要想发行成功，其首要条件是发行人要有动力去参与债券发行，因此对于发行人来说，成本与收益分析相当重要。本节的主要目的就是対发行抵押证券的成本与收益进行综合分析。

#### 7.1.1 发行抵押支持证券的成本

发行抵押支持证券必须付出一定的成本，主要包括债券发行费、担保费和服务费等。对于 AAA 级抵押支持证券来说，其发行成本大致如下表所示：

表 7.1 AAA 级抵押支持证券发行成本估算表

1、信用增级	0.18%—0.3%
2、承销费	0.4%—1%
3、印刷、法律咨询费	0.07%—0.1%
4、信息披露费	0.06%—0.09%
5、服务费、管理费	0.06%—0.5%
总发行成本	0.77%—1.99%

数据来源：姜建清，《商业银行资产证券化》，中国金融出版社，2004 年。

从表 1 可以看出，AAA 级抵押支持证券的发行成本大约是 0.77%—1.99%，而目前(以 2007 年 3 月 10 日为例)活期存款利率是 0.72%，一年期存款利率是 2.52%，因此可以说抵押支持证券的发行成本相对于商业银行的平均融资成本是比较低的。如果考虑到商业银行将证券化所得到的资金再投资所取得的收益率，目前(以 2007 年 3 月 10 日为例)5 年以上贷款的收益率是 6.84%，20 年政策性金融债的收益率是 3.93%<sup>2</sup>，发行抵押支持证券可以说是相当合算的。

<sup>2</sup> 数据来源：中国人民银行网站和中国债券网网站。



### 7.1.2 发行抵押支持证券的收益

一般来说, 商业银行推行住房抵押贷款证券化所取得的收益主要由三部分组成, 分别是出售贷款收入、服务费收入和再投资收益。

出售贷款收入指的是商业银行获得的抵押贷款资产池利息收入与抵押支持证券利息之间的利差。服务费收入指的是商业银行同时作为中间服务机构所获得的手续费收入, 这一般是 0.1%—0.5%。再投资收益指的是商业银行将所获得的资金再用于发放贷款或者投资国债、金融债和企业债所获得的收入。

但是, 这仅仅是商业银行表面上获得的收益, 如果结合资产所占用的经济资本来考虑, 则商业银行获得的收益远远不止这些。我们知道, 商业银行的运作必须满足资本充足率达到 8% 的要求。对于抵押贷款来说, 其属于表内资产, 因此每持有 100 亿元的抵押贷款, 商业银行相应必须持有的资本金是 8 亿元, 而商业银行取得 8 亿元资本金的成本是相当高的。因此在持有表内资产的同时, 商业银行必须根据其资本金的成本考虑是否值得。而如果商业银行将住房抵押贷款证券化之后, 则相当于将这些表内资产转移到表外, 商业银行不需要为此保留相应的资本金, 而且能够获得更多的中间业务收入。

综上所述, 对于商业银行来说, 参与资产证券化不仅转移了风险, 提高了资产的流动性, 而且可以获得更多的收益。

## 7.2 抵押支持证券的发行结构与运作流程

住房抵押贷款证券化是一项复杂的系统工程, 涉及到众多环节。本节主要是对抵押支持证券的发行结构和运作流程进行分析。

### 7.2.1 发行结构

抵押支持证券的发行涉及到众多主体, 其主要参与者包括: 贷款人、发起机构、贷款服务机构、发行人、交易管理机构、资金管理机构、评级机构、信用增级机构、受托人、证券承销商和投资者。不同参与者在 MBS 发行和运作中的作用不同。

贷款人是住房抵押贷款的原始债务人, 即一级市场中向金融机构贷款的购房者。

发起机构是住房抵押贷款的原始权益人, 当前在我国主要为商业银行。发起机构的职责主要是选择拟证券化的基础资产, 然后将其出售或作为证券化的担保品。

贷款服务机构主要负责收取到期的本金、利息以及追收逾期款项，还负责向受托人和投资者提供和披露抵押贷款组合必要的相关报告与信息，同时接受受托人的审核以确保其准确性。贷款服务机构通常可由发起机构兼任。

发行人即证券化当中的特设机构(SPV)，它是专门负责购买发起机构的基础资产，并以此为基础发行抵押支持证券的机构。SPV是单一目的信托实体，其收益来源于MBS支付成本与原始住房信贷资产现金流收入之间的差。SPV最重要的基本特征是“破产隔离”，即通过信用增级或特殊的证券结构设计将MBS与发起机构的其它债务隔离，使得发起机构的其它债务问题不会影响到MBS的本金和利息支付。SPV是证券化结构中最重要的一部分，它的设立和活动在法律上受到严格限制：(1)不能从事与证券化无关的业务，不能形成除证券化以外的任何其它类型的资产；(2)除承担证券化所形成的债务以外，不得发生任何其它债务；(3)不能建立任何子公司，不得自聘任何工作人员；(4)非常有限的开支；(5)在MBS尚未清偿完毕之前，不能进行并购重组，不能分配红利。

交易管理机构的主要职责是计算“资金保管机构”每期应支付给抵押支持证券持有人、有关“信托账户”及交易各方的款项金额，编制“交易管理机构报告”，指示“资金保管机构”进行“合格投资”等。

资金保管机构的主要职责是开立“信托账户”，执行“交易管理机构”或“受托机构”的资金划拨指令，监督“交易管理机构”对“信托账户”中资金的投资管理，定期提供“信托账户”信息和“资金保管报告”。

信用增级机构主要负责MBS的信用增级，即提升证券信用质量，从而提高证券的流动性，降低发行成本。

评级机构负责给MBS评定信用等级，以利于发行上市。

受托人负责管理贷款组合产生的现金流、进行证券登记、向投资者发放证券本金和利息，并且对贷款服务机构的某些行为进行必要监督，在贷款服务机构没有履行其职责情况下，受托人还应该取代其完成相应职责。受托人一般可由发行人兼任。

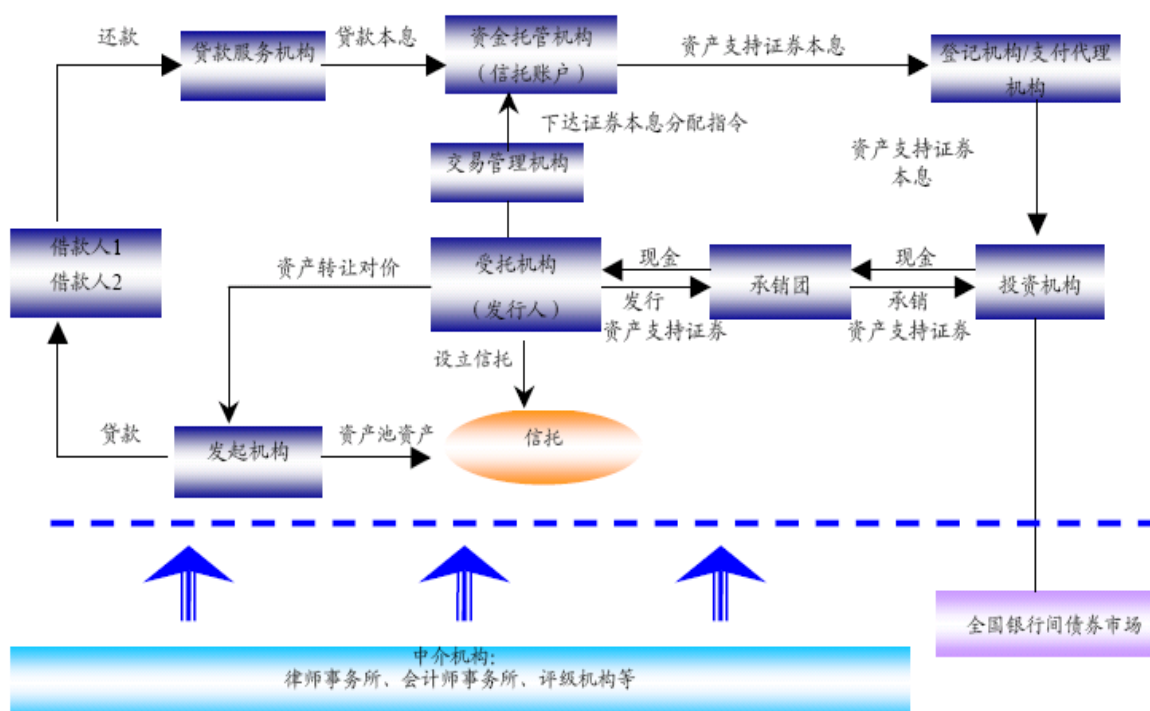
证券承销商在证券化过程中负责向公众公开出售其包销或代销的MBS，或者向特定投资者私募发行MBS。其角色不局限于销售证券，还可以与SPV一起策划、组织整个证券化过程，以确保证券化结构符合法律、规章、税收等方面的要求。

投资者(Investor)是最终购买MBS的市场参与者。

除了上述主要的参与主体，在抵押支持证券发行过程中的中间机构还有登记及支付代理机构、财务顾问、法律顾问、会计顾问和税收顾问等。

在交易过程中，由各个发行主体所构成的交易结构如下图所示：

### 7.1 抵押支持证券交易结构示意图



资料来源：中国建设银行，建元 2005-1 个人住房抵押贷款证券化信托发行说明书，2005 年 12 月。

#### 7.2.2 运作流程

住房抵押贷款证券化的运作流程主要包括以下几个步骤：资产出售、信用增级、信用评级和证券发行。

##### (1) 资产出售

资产出售指的是发起机构根据自身发展需要特别是资产负债管理的要求确定证券化规模，评估住房抵押贷款资产未来现金流收入，然后选择一定数量、符合要求的资产汇集形成一个资产池，并将其出售给发行人（SPV）。由于住房抵押贷款期限长、数额大，因此发行人（SPV）在购买证券化资产时一般采用一次性买进而不是分批买进的方式。这样在这种方式下资产池包含的各项住房信贷资产在债券存续期内无变动，没有基础资产的流出或加入。

资产出售过程中的“真实销售”（True Sale）是证券化的关键。即发起机构

出售的住房抵押贷款资产，必须从其资产负债表中剥离，在法律上实现证券化基础资产与发起机构信用分离。一旦发起机构发生破产清算，资产池不列入清算范围，这样发起机构的信用风险将不再影响已出售资产的信用度，从而实现与发起机构的“破产隔离”。

### (2) 信用增级

信用增级是指利用内部或外部的信用支持来保障抵押支持证券本息的偿付，从而提高抵押支持证券的信用等级和对投资者的吸引力。信用的增级可由发起机构、发行人或第三方提供。住房抵押贷款证券化中信用增级的力度通常取决于以下几个因素：第一，抵押贷款资产池的信用状况，比如违约率、逾期率、提前还贷率等。资产池的信用质量越差，所需信用增级的强度也越大。第二，抵押贷款资产池中资产的地理分布状况，如果住房抵押贷款在地理分布上过于集中，则存在较大的违约风险，所需信用增级强度也越大。最后，资产证券化的法律和支付结构设计。

### (3) 信用评级

信用评级是指由独立的信用评估机构通过对资产池中基础资产的信用记录以及可能出现的各种风险等进行客观、科学、公正的分析研究之后，就抵押支持证券的信用风险做出综合评价，并用特定的等级符号标定其信用等级的一种制度。信用评级是 MBS 发行过程中的一个重要环节，其实质是经专业机构客观分析判断后为 MBS 投资者提供简明投资决策依据，它有利于减少发行人与投资者双方的信息发布与搜寻成本。它通常是由 MBS 发行人或证券承销商委托专业评级机构而进行的。

MBS 信用评级基本程序和标准与普通企业债券的评级相类似，略有不同的是 MBS 信用评级还要确认 MBS 基础资产的信用与原始权益人(发起机构)的信用在法律上已经隔离，即评级中不涉及发起机构的信用，然后再针对证券化基础资产、SPV(发行人)以及证券化过程中采取的信用增级措施进行评级。

评级机构主要考虑的评级因子有：资产组合分散度、不支付概率、现金流量中断水平、抵押资产恢复率、信用增级状况以及资产管理状况等。在首次评级之后，评级机构还要进行跟踪监督，根据经济金融形势，发起机构、发行人有关信用情况，资产债务的履行情况，信用增级情况，以及提供信用增级的第三方财务状况的变化等因素，做出监督报告向外公布，并根据基础资产信用质量的变化对

已作出的信用评级进行升降调整、中止或取消。信用评级大大提高了基础资产以及 MBS 的信息透明度，这也使得信用评级成为证券化中吸引投资者的重要手段。

#### (4) 证券发行

在证券的销售过程中，发行人一般委托证券承销商完成证券销售，证券承销商通常由一些具有一定声誉的专业金融证券机构组成，委托方式主要有包销和代销。

### 7.3 抵押支持证券资产池的构建

由于抵押支持证券涉及到众多的基础资产，因此要取得成功发行，资产池的构建也很关键。我们认为资产池的构建应当遵循“标准统一、风险分散”的原则。

坚持以上原则的好处在于：(1) 由贷款利率相同的抵押贷款组成的贷款组合利率比较容易确定。(2) 相近的贷款期限使得抵押贷款组合中各笔贷款的账龄比较接近，在掌握了账龄对提前还款速度的影响规律之后，就能够利用贷款组合的平均账龄来准确地预测整个抵押贷款组合的还款速度，从而能为抵押支持证券进行更为合理的定价。(3) 各笔贷款在审核程序、合同条款、保险等方面符合共同标准。贷款在审核程序等方面的标准统一能够降低对抵押贷款组合的管理成本，减小潜在的投资风险。(4) 各笔贷款在贷款总额、借款人职业与年龄、抵押房地域的分布上不宜过于集中。这是出于防范风险过于集中的考虑，有助于保证贷款组合未来现金流的稳定性。

基于以上原则和目前中国的现状，为了较好地控制信用风险，同时提高抵押贷款证券化的效率，降低抵押贷款证券化的成本，我们提出以下的基础资产选择标准供参考：

表 7.2 抵押支持证券基础资产选择参考标准

标准	相应要求
最小单笔贷款额	不少于 10 万元
最大单笔贷款额	不高于 150 万元
抵押贷款年限	5 年—30 年

借款人	有正当职业，年龄与抵押贷款的剩余年限之和小于 65，只有一笔住房抵押贷款，负债收入比低于 50%，没有信用违约记录
初始抵押率	不超过 70%
抵押房产	建筑面积不少于 30 平方米
贷款账龄	至少大于 2 年
住房的地理分布	单个城市在整个资产池中的贷款余额占比不超过 20%

#### 7.4 抵押支持证券的品种设计

在我国，MBS 发行品种的选择与设计需要考虑抵押贷款一级市场发育程度、市场利率环境、法律法规环境等多方面的条件。总体而言，我国应当分阶段向市场推出不同类型的 MBS 证券品种。

在抵押支持证券发展之初，我们建议以发行简单的 MPT 证券品种为主。这是因为我国住房抵押贷款一级市场发展历程较短，描述原始住房抵押贷款资产风险特征的相关统计量还不够完善和不具备充分说服力，例如抵押贷款组合违约率、逾期率、提前偿还速度以及贷款人的信用水平等指标往往需要一个较长时间的数据累积才能用于客观地反映证券化过程中的风险环境水平，而通常发行复杂的 MBS 衍生品种对这些环境依赖程度较高，另外 MBS 定价的技术水平、证券监管水平以及相关法律法规限制也会影响到较为复杂的 MBS 衍生品种的发行。因此，结构相对简单的 MPT 证券品种是市场发展初期较优的选择。

MPT 的上市发行必然加速我国 MBS 市场的发展。MPT 所涉及的金融分析技术最接近对原始住房抵押贷款或贷款集合的分析技术。证券化试行之初，在技术上能起到很好的衔接作用，同时对 MPT 的金融分析技术又能为今后发行其它更为复杂的证券品种打下良好的基础。MPT 投资分析中需要关于原始贷款平均还款速度、违约率等方面的数据，这反过来又将促使商业银行完善对抵押贷款一级市场经验数据的积累。对于市场投资者而言，MPT 的上市发行使投资者能直接认识 MBS 的投资特色，从而成为对其它抵押支持证券进行投资分析的出发点。

随着 MBS 金融分析技术和抵押贷款一级市场数据积累进一步完善以及投资者的逐渐成熟，可以在 MPT 的基础上逐步推出 CMO 以及其它衍生证券品种。CMO 将现金流重组分割成优先偿还和附属偿还等多级证券。这样的设计安排可以满足

不同风险偏好投资者的需求，能够充分满足市场的需要。随着我国机构投资者群体的多样化以及投资限制条件的放宽，可以针对他们的风险偏好，设计出多种层次结构的 MBS 衍生品种。

## 8. 结论及未来的研究方向

本文对抵押支持证券的定价原理、风险管理策略和产品设计方法进行了比较全面、系统的研究，对中国抵押支持证券的理论分析和实证研究都进行了拓展，主要成果如下：

(1) 本文对中国人提前偿还住房抵押贷款的行为进行了研究，发现在中国由于消费和储蓄的习惯不同，借款人提前还款的诱因与外国人不尽相同，因此如果盲目地套用国外现有的模型对抵押支持证券进行定价，可能会得到错误的结果。

(2) 本文通过研究发现，中国人的提前偿还行为存在以下特征：首先，中国人没有形成借钱消费的习惯，随着贷款账龄的延长，提前还款率也在逐渐上升。其次，贷款基准利率上升对提前还款率影响比较大，贷款利率上升，提前还款率随之大幅上升。最后，在中国，提前还款也存在较为明显的“耗尽”（Burnout）效应。贷款基准利率上调引发的提前还款率大幅上升只是短期行为，长期影响不大。

(3) 本文根据中国人的提前还款行为的特征提出了适合对中国抵押支持证券进行定价的提前偿还模型，并对目前国内仅有的一支抵押支持证券产品“2005 建元 MBS”进行了定价分析。

(4) 本文利用期权调整价差法对抵押支持证券进行定价，并在定价过程中综合采用了二叉树模型和蒙特卡罗模拟方法，较好地解决了对同时具有路径依赖期权和美式期权的债券的定价问题。

(5) 通过本文对“2005 建元 MBS”的实证研究结果发现：“2005 建元 MBS”的发行价格被严重高估，根据其发行的票面利差，优先 A 级、B 级和 C 级证券隐含的 OAS 分别比市场合理估值低 41.73bp、55.46bp 和 51.98bp，其投资价值有限。这很可能是其上市之后流动性不好的原因之一。

(6) 本文通过对“2005 建元 MBS”的期权调整价差对票面利差和提前偿还率的敏感性分析发现：首先，期权调整价差的绝对值低于票面利差的绝对值，并随着票面利差的增大而增大，两者存在一定的线性相关关系。其次，随着提前还款速度加快，抵押支持证券的加权平均回收期在缩短，期限调整价差相应有所上升。再次，对于优先 A 级证券来说，随着提前还款速度增大，期权调整价差增加的幅度却逐渐在减小；而对于优先 C 级证券来说，随着提前还款速度增大，期权



调整价差增加的幅度却基本不变。第四,当提前偿还速度上升到一定程度时,具有 CMO 结构的债券的期权调整价差会出现明显的跳跃。最后,在“2005 建元 MBS”三个档次的优先级债券当中,优先 B 级证券的相对投资价值最低。

(7) 由于抵押支持证券在中国的发展尚处于起步阶段,因此我们建议在对抵押支持证券产品的设计过程中,在构建抵押贷款资产池时,要坚持“标准统一、风险分散”的原则,以降低资产池的构建成本和信用风险,同时提高对投资者的吸引力;在设计具体的交易品种时,要把握“循序渐进”的原则,在抵押支持证券发展的初期,以设计结构较为简单的转付证券(MPT)为主,待时机成熟,投资者对抵押支持证券的认知度提高时,再发行担保抵押贷款凭证(CMO)和其它衍生品种。

虽然本文得到了一些研究成果,但是由于本人学识水平和研究能力有限,在研究的过程中,对很多问题还未能进行更为细致深入的研究,有待以后进一步完善,这主要包括:

(1) 由于我国住房抵押贷款方面的历史研究数据不多,因此本文只能根据目前掌握的经验数据,采用分段函数的形式建立提前偿还模型,并同时考虑贷款基准利率上调对提前偿还率的影响。但是,这种模型形式还是相对比较简单,未来随着数据积累的逐渐丰富,可以进一步考虑其它因素对提前还款率的影响,同时采取更为丰富的函数形式(比如二次函数、指数函数、概率密度函数等)刻画相关因素与提前偿还率之间的相关关系。

(2) 在对利率动态模型的选择方面,本文还未能进行更为细致深入的研究。未来可以尝试用更复杂的利率动态模型(比如说多因子模型)来为抵押支持证券定价,同时可以将不同的利率动态模型和提前偿还模型相结合进行研究,分析模型选择对于定价结果的敏感性。这对于防止模型误差问题具有很重要的意义。

(3) 由于我国缺乏时间足够长的住房抵押贷款违约历史数据,加之我国的信用评级体系还不是很完善,因此本文对抵押支持证券信用风险方面的研究还不够深入。由于信用风险是抵押支持证券面临的第二大风险,因此未来应该结合不同的信用风险模型加强这方面的研究。

(4) 本文对“2005 建元 MBS”定价是否合理的判断是采用相对定价法,其研究结果的准确性有赖于国内外相关固定收益产品定价的有效性。相对定价法虽然有其合理之处,但也可以说是在缺乏数据的条件之下的无奈之举。因此未来可

以考虑同时采取绝对定价法进行定价，提高定价结果的准确性。

(5) 本文在做“2005 建元 MBS”的期权调整价差对提前偿还率的敏感性分析时，前提假设是在抵押支持证券整个存续期内提前偿还率均保持不变。未来可以进一步深入研究在抵押支持证券存续期内提前偿还率发生变化对最终定价结果的敏感性。

(6) 本文对抵押支持证券风险度量指标的研究还不够深入，有待日后进一步加强。加强对抵押支持证券的风险研究，对于推动抵押支持证券在中国的发展也具有很重要的意义。

**[参考文献]**

- [1] Altman, E.I., and Anthony Saunders,1997,“Credit risk measurement: Developments over the last 20 years”, *Journal of Banking & Finance* 21, p1721-1742.
- [2] Andrew J. Kalotay, George O. Williams and Frank J. Fabozzi, 1993, “A Model for the Valuation of Bonds with Embedded Options”, *Financial Analysts Journal*, May-June, 35-46.
- [3] Barnhill Jr., Theodore M., and William F. Maxwell,2002,“Modeling correlated market and credit risk in fixed income portfolios”, *Journal of Banking & Finance* 26, p347-374.
- [4] Bessler W. and Booth G. G., 1994, “An Interest Rate Risk Management Model”, *European Journal of Operation Research*, 74:243-256.
- [5] Black, Fisher, Emanuel Derman and William Toy, 1990, “A One Factor Model of Interest Rates and Its Application to Treasury Bond Options”, *Financial Analysts Journal*, January-February,33-39.
- [6] Boero, G. and C. Torricelli, 1996. “A comparative evaluation of alternative models of the term structure of interest rates”, *European Journal of Operational Research*, 93: 205-223.
- [7] Brace, Alan, Deruizs Gatarek and Marek Musiela, 1997, “The Market Model of Interest Rate Dynamics”, *Mathematical Finance*, 7 :127-155.
- [8] Brennan, Michael J. and Eduardo Schwartz, 1979, “A Continuous Time Approach to the Pricing of Bonds”, *Journal of Banking and Finance*, 3 July, 133-155.
- [9] Chan, K. C., G. Andrew Karolyi, and A. Francis. Longstaff and Anthony B. Sanders, 1992, “An Empirical Comparison of Alternative Models of the Term Structure of Interest Rates”, *Journal of Finance*, 47: 1209-1228.
- [10] Chapman, D. and N. Pearson, 2001, “Recent Advances in Estimating Models of the Term-Structure”, *Financial Analysts Journal*, 57: 77-95.
- [11] Chen, R. and L. Scott, 1993, “Maximum Likelihood Estimation for a Multifactor Equilibrium Model of the Term Structure of Interest Rates”, *Journal of Fixed Income*, 3:14-31.
- [12] Clark,L.M., and L.L.Michael, 2001,“Applied Nonparametric Regression Techniques: Estimating Prepayments on Fixed-Rate Mortgage-Backed Securities”,*Journal of Real Estate Finance and Economics*,23:2,139-160.

- 
- [13] Clewlow, L., and C. Strickland, 1997, "Monte Carlo valuation of interest rate derivatives under stochastic volatility", *Journal of Fixed-income*, 35-45.
- [14] Constantinides, G.M., 1992, "A theory of the nominal term structure of interest rates", *Review of Financial Studies*, 5:531-552.
- [15] Cox, John C., Jonathan E. Ingersoll, Jr. and Stephen A. Ross, 1985a, "A Intertemporal General Equilibrium Model of Asset Prices", *Econometrica*, 53:363-384.
- [16] Cox, John C., Jonathan E. Ingersoll, Jr. and Stephen A. Ross, 1985b, "A Theory of the Term Structure of Interest Rates", *Econometrica*, 53:385-407.
- [17] Crouhy, Michel, Dan Galai, and Robert Mark, 2000, "A comparative analysis of current credit risk models", *Journal of Banking & Finance* 24, p59-117.
- [18] Duffie, D. and Kan, R., 1996. "A yield-factor model of interest rates", *Mathematical Finance*, 6:379- 406.
- [19] Duffie, Darrell, and Kenneth Singleton ,1999, "Modeling term structures of defaultable bond", *The Review of Financial Studies Special* 12, p687-720.
- [20] Dunn, K., and C.S. Spatt, 1986, "The Effect of Refinancing Costs and Market Imperfections on the Optimal Call Strategy and the Pricing of Debt Contracts," working paper, Carnegie-Mellon University.
- [21] Dunn, K., and J. McConnell. 1981, "Valuation of GNMA Mortgage Backed Securities," *Journal of Finance*, 36, 599.
- [22] Fabozzi, Frank J., 1996, *Bond Market Analysis and Strategies*, 3rd, Prentice Hall, Inc.
- [23] Fong, H. G. and O. A. Vasicek, 1991, "Fixed-income volatility management", *The Journal of Portfolio Optimization*, summer issue.
- [24] Gordy, Michael B. ,2000, "A comparative anatomy of credit risk models", *Journal of Banking & Finance* 24, p119-149.
- [25] Green, J., and J.B. Shoven. 1986, "The Effects of Interest Rates on Mortgage Prepayments," *Journal of Money, Credit and Banking* ,18, 468.
- [26] Heath, David, Robert Jarrow and Andrew Morton, 1990, "Bond Pricing and the Term Structure of Interest Rates: A Discrete Time Approximation", *Journal of Financial Quantitative Analysis*, 25:419-440.
- [27] Heath, David, Robert Jarrow and Andrew Morton, 1992, "Bond pricing and the term

- structure of interest rates: a new methodology for contingent claims valuation”, *Econometrica*, 60:77-105.
- [28] Ho, Thomas S. Y. and Sang-Bin Lee, 1986, “Term Structure Movements and Pricing Interest Rate Contingent Claims”, *Journal of Finance*, 41:1011-1029.
- [29] Hull, John and Alan White, 1990, “Pricing Interest Rate Derivative Securities”, *The Review of Financial Studies*, 3: 573-592.
- [30] Hull, John and Alan White, 1993, “One-Factor Interest Rate Models and the Valuation of Interest Rate Derivative Securities”, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 28:235-254.
- [31] Hull, John and Alan White, 1994a, “Numerical Procedures for Implementing Term Structure Models I: Single-Factor Models”, *Journal of Derivatives*, 2:7-16.
- [32] Hull, John and Alan White, 1994b, “Numerical Procedures for Implementing Term Structure Models II: Two-Factor Models”, *Journal of Derivatives*, 2:37-47.
- [33] Johnston, E., and L. Van Drunen, 1988. “Pricing Mortgage Pools with Heterogeneous Mortgagepreps: Empirical Evidence,” working paper, University of Utah.
- [34] Litterman, R. and J. Scheinkman, 1991, “Common Factors Affecting Bond Returns”, *Journal of Fixed Income*, 1, 54-61.
- [35] Longstaff, Francis A. and Eduardo S. Schwartz, 1992, “Interest Rate Volatility and the Term Structure: A Two-Factor General Equilibrium Model”, *Journal of Finance*, 47:1259-1282.
- [36] Lopez, Jose A., and Marc R. Saidenberg, 2000, “Evaluating credit risk models”, *Journal of Banking & Finance* 24, p151-165.
- [37] Martellini, Lionel, and Phillippe Priaulet, 2000. “Fixed-income securities - Dynamic methods for interest rate risk pricing and hedging”, John Wiley.
- [38] Matthey, J., and Nancy Wallace, 2001, “Housing-Price Cycles and Prepayment Rates of U.S. Mortgage Pools”, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 23:2, 161-184.
- [39] Meissner, Gunter, and Kristian Nielsen, 2001, “Recent advances in credit risk management: A comparison of five models”, *Derivatives Use, Trading & Regulation Volume Eight*, p76-93.
- [40] Nelson, J., and S. M. Schaefer, 1983, “The Dynamics of the Term Structure and

- Alternative Portfolio Immunization Strategies.” In *Innovations in bond portfolio Management: Duration Analysis and Immunization* G. O. Bierwag, G. G. Kaufman, and A. Toevs, eds. Greenwich, CT:JAI Press.
- [41] Rendleman, Richard J., Jr. and Brit J. Bartter, 1980, “The Pricing of Options on Debt Securities”, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 15:11-24.
- [42] Richard,S.F., and R.Roll,1989,“Prepayment on Fixed Rate Mortgage-Backed Securities,” *Journal of Portfolio Management*,15,73-82.
- [43] Schaefer, Stephen M. and Eduardo S. Schwartz. 1984, “A Two-Factor Model of the Term Structure: An Approximate Solution.” *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 19: 413-424.
- [44] Schwartz,E.S., and W.N.Torous,1989,“Prepayment and the Valuation of Mortgage-Backed Securities,”*Journal of Finance*,44,375-392.
- [45] Stanton, Richard.1995,“Rational Prepayment and the Valuation of Mortgage-Backed Securities”, *The Reviews of Financial Studies*, pp.677-708.
- [46] Timmis,G.C.,1985,“Valuation of GNMA Mortgage-Backed Securities with Transaction Costs, Heterogeneous Households and Endogenously Generated Prepayment Rates,”working paper, Camegie-Mellon University.
- [47] Vasicek, Oldrich. 1977, “An Equilibrium Characterization of the Term Structure”, *Journal of Financial Economics*, 5:177-188.
- [48] Yan, Hong. 2001, “Dynamic Models of the Term Structure”, *Financial Analysts Journal*, 57:60-76.
- [49] 布鲁斯.塔克曼著.黄嘉斌译.固定收益证券[M].北京:宇航出版社,1999.
- [50] 李奥奈尔.马特里尼,菲利普.普里奥兰德著.肖军译.固定收益证券——对利率风险进行定价和套期保值德动态方法[M].北京:机械工业出版社,2002.
- [51] 詹姆斯.D.汉密尔顿著.刘明志译.时间序列分析[M].北京:中国社会科学出版社,1999.
- [52] 贝尼特.W.戈卢布,利奥.M.蒂尔曼著.周为群译.固定收益市场的风险管理[M].北京:中国人民大学出版社,2004.
- [53] 弗兰克.J.法博齐著.骆玉鼎等译.债券组合管理[M].上海:上海财经大学出版社,2004.

- [54] 特伦斯. C. 米尔斯著. 俞卓菁译. 金融时间序列的经济计量学模型[M]. 北京: 经济科学出版社, 2002.
- [55] 安东尼. 桑德斯著. 刘宇飞译. 信用风险度量: 风险估值德新方法与其它范式[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [56] 约翰. B. 考埃特, 爱德华. I. 爱特曼, 保罗. 纳拉亚南著. 石晓军等译. 演进着的信用风险管理: 金融领域面临的巨大挑战[M]. 北京: 机械工业出版社., 2001.
- [57] 陈文达等著. 资产证券化: 理论与实务[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2004.
- [58] 于凤坤著. 资产证券化: 理论与实务[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002.
- [59] 蔡德容. 潘军著. 住房金融创新研究[M]. 大连: 东北财经大学出版社, 2002.
- [60] 姚长辉著. 中国住房抵押贷款证券创新研究[M]. 北京: 北京大学出版社, 2001.
- [61] 宾融著. 住房抵押贷款证券化[M]. 北京: 中国金融出版社, 2002.
- [62] 何小锋等著. 资产证券化: 中国的模式[M]. 北京: 中国金融出版社, 2002.
- [63] 邓伟利等著. 资产证券化: 国际经验与中国实践[M]. 上海: 上海人民出版社, 2003.
- [64] 姜建清等著. 商业银行资产证券化: 从货币市场走向资本市场[M]. 北京: 中国金融出版社, 2004.
- [65] 郑振龙著. 金融工程学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003年7月.
- [66] 林海. 郑振龙著. 中国利率期限结构: 理论与运用[M]. 北京: 中国财经出版社, 2004.
- [67] 汤震宇等著. 固定收益证券定价理论[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2004.
- [68] 谢剑平著. 固定收益证券: 投资与创新[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2004.
- [69] 程艳琴. 韩文秀. 抵押贷款提前偿还率的非参数估计[J]. 天津理工学院学报, 2003年第12期.
- [70] 胡宗义. 谭政勋. 基于 OAS 的抵押支持证券的利率风险测量[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2005年第8期.
- [71] 孙奉军. 提前偿还风险生成机理分析[J]. 国际金融研究, 2001年第7期.
- [72] 施方. 俞自由. 黄保佳. 住房抵押贷款的比例提前偿付模型[J]. 数理统计与管理, 2003年第5期.
- [73] 黎志成. 艾毓斌. 资产支持证券定价模型研究[J]. 武汉金融, 2004年第4期.
- [74] 闫妍. 杨茂华. 抵押支持证券定价问题研究[J]. 南开经济研究, 2005年6月.
- [75] 张金林. 郭茂佳. 冉凌浩. 中国住房抵押贷款证券定价模型研究[J]. 投资研究, 2005年第5期.

- [76] 程鹏. 吴冲锋. 李为冰. 信用风险度量和管理方法研究[J]. 管理工程学报, 2002 年第 1 期.
- [77] 沈沛龙. 任若恩. 现代信用风险管理模型和方法的比较研究[J], 经济科学, 2002 第 3 期.
- [78] 王琼. 陈金贤, 信用风险定价方法与模型研究[J]. 现代财经, 2002 第 4 期.
- [79] 陈忠阳. 信用风险量化管理模型发展探析[J]. 国际金融研究, 2000 第 10 期.
- [80] 张玲. 张佳林. 信用风险评估方法发展趋势[J]. 预测, 2000 第 4 期.
- [81] 庄晓玫. 杜海涛. 利率期限结构理论在我国证券市场的实证分析[J]. 金融论坛, 2003 年第 11 期.
- [82] 朱世武. 陈健恒. 利用均衡利率模型对浮动利率债券定价[J]. 世界经济, 2005 年第 2 期.
- [83] 谢赤. 吴雄伟. 基于 Vasicek 和 CIR 模型中的中国货币市场利率行为实证分析[J]. 中国管理科学, 2002 年第 3 期.
- [84] 郑泽星. 唐革榕. 商业银行住房贷款还款方式的创新和比较[J]. 上海金融, 2005 年第 6 期.
- [85] 郑振龙. 康朝锋. 含期权债券利率风险的衡量[J]. 金融论坛, 2005 年第 8 期.
- [86] 康朝锋. 郑振龙. 中国利率衍生产品的定价和保值[M]. 北京: 北京大学出版社, 2006.
- [87] 郑泽星. 利率动态模型的选择与运用[D]. 厦门: 厦门大学, 2005.
- [88] 陈淼鑫. 信用风险测量与控制风险系统研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2003.
- [89] 中国建设银行. 建元 2005-1 个人住房抵押贷款证券化信托发行说明书[Z]. 2005 年 12 月 9 日.
- [90] 马喜德. 郑振龙. 贝塔系数的均值回归过程[J]. 工业技术经济, 2006 年第 1 期.
- [91] 马喜德. 基于神经网络模型的财务困境预测实证分析[J]. 山西财经大学学报, 2005 年第 1 期.
- [92] 马喜德. 上市公司财务困境预测模型比较研究[J]. 经济师, 2005 年第 3 期.
- [93] 马喜德. 基于 ARIMA 模型的三个月期央票收益率预测分析[J]. 经济纵横, 2005 年第 9 期.



## 附录 1 对抵押支持证券进行定价的程序

```

ValuationDate = datenum('12-19-2005');
EndDates = datenum(['12-19-2006';'12-19-2007';'12-19-2008'; '12-19-2009';'12-19-2010';
'12-19-2011';'12-19-2012';'12-19-2013'; '12-19-2014';'12-19-2015';
'12-19-2016';'12-19-2017';'12-19-2018'; '12-19-2019';'12-19-2020']);
Volatility=
[.6053;.2515;.2232;.1763;.1641;.1618;.1446;.1388;0.134;0.13;0.126;0.123;0.12;0.117 ;0.113];
BDTVolSpec = bdtvolSpec(ValuationDate, EndDates, Volatility);

```

```

Rates =
[0.0141;0.0186;0.0218;0.0239;.0258;0.0277;0.0297;0.0314;0.0323;0.0325;0.0328;0.0331;0.0334;
0.0337;0.034];
StartDates=ValuationDate ;
RateSpec = intenvset('Compounding',4,'Rates', Rates,'StartDates', StartDates, 'EndDates',
EndDates,'ValuationDate',ValuationDate,'Basis',3);

```

```

Compounding = 4;
Maturity
=datenum( ['03-19-2006';'06-19-2006';'09-19-2006';'12-19-2006';'03-19-2007';'06-19-2007';'09-19-
-2007';'12-19-2007';'03-19-2008';'06-19-2008';'09-19-2008';'12-19-2008';'03-19-2009';
'06-19-2009';'09-19-2009';'12-19-2009';'03-19-2010';'06-19-2010';'09-19-2010';'12-19-2010';'03-1
9-2011';'06-19-2011';'09-19-2011';'12-19-2011';'03-19-2012';'06-19-2012';'09-19-2012';'12-19-201
2';'03-19-2013';'06-19-2013';'09-19-2013';'12-19-2013';'03-19-2014';
'06-19-2014';'09-19-2014';'12-19-2014';'03-19-2015';'06-19-2015';'09-19-2015';'12-19-2015';'03-1
9-2016';'06-19-2016';'09-19-2016';'12-19-2016';'03-19-2017';'06-19-2017';'09-19-2017';'12-19-201
7';'03-19-2018';'06-19-2018';'09-19-2018';'12-19-2018';'03-19-2019';
'06-19-2019';'09-19-2019';'12-19-2019';'03-19-2020';'06-19-2020';'09-19-2020';'12-19-2020']);
TimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);
BDTTree = bdttree(BDTVolSpec, RateSpec, TimeSpec);

```

```

rate=mxm(Maturity,BDTTree);
rate1=rate';
rate2=(rate1-1)*4;

```

```

path=mentekalo(rate2);

```

```

smm=zeros(60,1);
coupon=zeros(60,3);

```

---

```
prepayrate=prepay(path,smm);
```

```
function rate=mxm(Maturity,BDTTree)
n=length(Maturity);
rate=zeros(n,n);
for i=1:n
    rate(i,1:i)=cell2mat(BDTTree.FwdTree(i));
end
```

```
function path=mentekalo(rate2)
a=rand(10000,60);
a(find(a>=0.5))=1;
a(find(a<0.5))=0;
%oas=0.01;

for j=1:10000
    countrow=1;
    countcolumn=1;
    for i=1:60
        path(j,i)=rate2(countrow,countcolumn);
        %discount(j,i)=(path(j,i)+oas)/4+1;

        countrow=countrow+a(j,i);
        countcolumn=countcolumn+1;

    end
end
```

```
function prepayrate=prepay(path,smm)

prepayrate=zeros(10000,60);

for j=1:10000
    a=path(j,1);
    for i=1:60

        if path(j,i)>=a+0.01
            prepayrate(j,i)=smm(i,1)+0.005;
            a=path(j,i);
```

```

else
    prepayrate(j,i)=smm(i,1);
end

end

end

end

%为 A 级证券定价
function result=getoas(prepayrate,coupon,path)

discountrate=zeros(10000,60);
discountrate1=zeros(10000,60);
oas=zeros(10000,1);
a=zeros(10000,1);
c=0;

for j=1:10000
    oas(j,1)=0.025; %对于每一条路径的 OAS 先给一个初始值
    while 26.698-a(j,1)>0.0000000001 %使得理论价值等于发行面值

        oas(j,1)=oas(j,1)-0.0001;

        i=1;
        for i=1:60

            discountrate(j,i)=(path(j,i)+oas(j,1))/4+1;

        end

        principle1=26.698; %principle1 为债券 A 的剩余面值
        b=0;
        discountrate1(j,1)=discountrate(j,1);
        a(j,1)=0;
        i=1;
        while principle1>0

            cash(j,i)=(principle1*coupon(i,1)/4+principle1*prepayrate(j,i)*3+0.43
            5)/discountrate1(j,i);
            a(j,1)=a(j,1)+cash(j,i);
            b=b+principle1*prepayrate(j,i)*3+0.435;
            principle1=26.698-b;
            i=i+1;
        end
    end
end

```

---

```

    discountrate1(j,i)=discountrate(j,i)*discountrate1(j,i-1);
    end

    end

    c=c+oas(j,1);
end
result=c/10000;

%为 B 级证券定价

function resultb=getoasb(prepayrate,coupon,path)

discountrate=zeros(10000,60);
discountrate1=zeros(10000,60);
oas=zeros(10000,1);
a=zeros(10000,1);
d=0;
for j=1:10000
    oas(j,1)=0.04; %对于每一条路径的 OAS 先给一个初始值
    while 28.734-a(j,1)>0.00000000001 %使得理论价值等于发行面值

        oas(j,1)=oas(j,1)-0.0001;

        i=1;
        for i=1:60

            discountrate(j,i)=(path(j,i)+oas(j,1))/4+1;

        end

        principle1=26.698; %principle1 为债券 A 的剩余面值
        principle2=2.036; %principle2 为债券 B 的面值
        b=0;
        discountrate1(j,1)=discountrate(j,1);
        a(j,1)=0;
        i=1;
        while principle1>0
            cash(j,i)=principle2*coupon(i,2)/4/discountrate1(j,i) ;
            a(j,1)=a(j,1)+cash(j,i);
            b=b+principle1*prepayrate(j,i)*3+0.435;
            principle1=26.698-b;
            i=i+1;
            discountrate1(j,i)=discountrate(j,i)*discountrate1(j,i-1);
        end
    end
end

```

```

a(j,1)=a(j,1)+26.698;
c=0;
while principle2>0

cash(j,i)=(principle2*coupon(i,2)/4+principle2*prepayrate(j,i)*3+0.16
5)/discountrate1(j,i);
a(j,1)=a(j,1)+cash(j,i);
c=c+principle2*prepayrate(j,i)*3+0.165;
principle2=2.036-c;
i=i+1;
discountrate1(j,i)=discountrate(j,i)*discountrate1(j,i-1);
end

end

d=d+oas(j,1);
end
resultb=d/10000;

%为 C 级证券定价
function resultc=getoasc(prepayrate,coupon,path)

discountrate=zeros(10000,60);
discountrate1=zeros(10000,60);
oas=zeros(10000,1);
a=zeros(10000,1);
e=0;

for j=1:10000
oas(j,1)=0.05; %对于每一条路径的 OAS 先给一个初始值

while 29.262-a(j,1)>0.0000000001 %使得理论价值等于发行面值
oas(j,1)=oas(j,1)-0.0001;

i=1;
for i=1:60

discountrate(j,i)=(path(j,i)+oas(j,1))/4+1;

end
end

```

---

```

a(j,1)=0;
principle1=26.698; %principle1 为债券 A 的剩余面值
principle2=2.036; %principle2 为债券 B 的面值
principle3=0.528; %principle3 为债券 C 的面值
discountrate1(j,1)=discountrate(j,1);

b=0;
i=1;
while principle1>0
cash(j,i)=principle3*coupon(i,3)/4/discountrate1(j,i) ;
a(j,1)=a(j,1)+cash(j,i);
b=b+principle1*prepayrate(j,i)*3+0.435;
principle1=26.698-b;
i=i+1;
discountrate1(j,i)=discountrate(j,i)*discountrate1(j,i-1);
end

c=0;
while principle2>0
cash(j,i)=principle3*coupon(i,3)/4/discountrate1(j,i) ;
a(j,1)=a(j,1)+cash(j,i);
c=c+principle2*prepayrate(j,i)*3+0.165;
principle2=2.036-c;
i=i+1;
discountrate1(j,i)=discountrate(j,i)*discountrate1(j,i-1);
end

a(j,1)=a(j,1)+26.698+2.036;
d=0;
while principle3>0

cash(j,i)=(principle3*coupon(i,1)/4+principle3*prepayrate(j,i)*3+0.042)
/discountrate1(j,i);
a(j,1)=a(j,1)+cash(j,i);
d=d+principle3*prepayrate(j,i)*3+0.042;
principle3=0.528-d;
i=i+1;
discountrate1(j,i)=discountrate(j,i)*discountrate1(j,i-1);
end
end

e=e+oas(j,1);
end
resultc=e/10000;

```

## 附录 2 对抵押支持证券定价结果进行敏感性分析的程序

```

% A 级证券
function testa=getoastesta(coupon,path)

discountrate=zeros(10000,60);
discountrate1=zeros(10000,60);
oas=zeros(10000,1);
a=zeros(10000,1);
c=0;
for j=1:10000
    oas(j,1)=0.025; %对于每一条路径的 OAS 先给一个初始值
    while 26.698-a(j,1)>0.00000000001 %使得理论价值等于发行面值

        oas(j,1)=oas(j,1)-0.0001;

        i=1;
        for i=1:60

            discountrate(j,i)=(path(j,i)+oas(j,1))/4+1;

        end

        principle1=26.698; %principle1 为债券 A 的剩余面值
        b=0;
        discountrate1(j,1)=discountrate(j,1);
        a(j,1)=0;
        i=1;
        while principle1>0

            cash(j,i)=(principle1*coupon(i,1)/4+principle1*0.0043*3+0.435)/discountrate1(j,i);
            a(j,1)=a(j,1)+cash(j,i);
            b=b+principle1*0.0043*3+0.435;
            principle1=26.698-b;
            i=i+1;
            discountrate1(j,i)=discountrate(j,i)*discountrate1(j,i-1);
        end

    end

    c=c+oas(j,1);
end

```

```

testa=c/10000;

% B 级证券
function testb=getoastestb(coupon,path)

discountrate=zeros(10000,60);
discountrate1=zeros(10000,60);
oas=zeros(10000,1);
a=zeros(10000,1);
d=0;
%testb=zeros(10000,1); %如果要显示每条利率路径的结果的话
for j=1:10000
    oas(j,1)=0.04; %对于每一条路径的 OAS 先给一个初始值
    while 28.734-a(j,1)>0.00000000001 %使得理论价值等于发行面值

        oas(j,1)=oas(j,1)-0.0001;

        i=1;
        for i=1:60

            discountrate(j,i)=(path(j,i)+oas(j,1))/4+1;

        end

        principle1=26.698; %principle1 为债券 A 的剩余面值
        principle2=2.036; %principle2 为债券 B 的面值
        b=0;
        discountrate1(j,1)=discountrate(j,1);
        a(j,1)=0;
        i=1;
        while principle1>0
            cash(j,i)=principle2*coupon(i,2)/4/discountrate1(j,i);
            a(j,1)=a(j,1)+cash(j,i);
            b=b+principle1*0.0043*3+0.435;
            principle1=26.698-b;
            i=i+1;
            discountrate1(j,i)=discountrate(j,i)*discountrate1(j,i-1);
        end

        a(j,1)=a(j,1)+26.698;
        c=0;
        while principle2>0

```



```

        cash(j,i)=(principle2*coupon(i,2)/4+principle2*0.0043*3+0.165)/disco
        untrate1(j,i);
        a(j,1)=a(j,1)+cash(j,i);
        c=c+principle2*0.0043*3+0.165;
        principle2=2.036-c;
        i=i+1;
        discountrate1(j,i)=discountrate(j,i)*discountrate1(j,i-1);
        end

    end

    d=d+oas(j,1);
end
testb=d/10000;

% C 级证券
function testc=getoastestc(coupon,path)

discountrate=zeros(10000,60);
discountrate1=zeros(10000,60);
oas=zeros(10000,1);
a=zeros(10000,1);
e=0;
for j=1:10000
    oas(j,1)=0.05;    %对于每一条路径的 OAS 先给一个初始值

    while 29.262-a(j,1)>0.0000000001    %使得理论价值等于发行面值
        oas(j,1)=oas(j,1)-0.0001;

        i=1;
        for i=1:60

            discountrate(j,i)=(path(j,i)+oas(j,1))/4+1;

        end

        a(j,1)=0;
        principle1=26.698;    %principle1 为债券 A 的剩余面值
        principle2=2.036;    %principle2 为债券 B 的面值
        principle3=0.528;    %principle3 为债券 C 的面值
        discountrate1(j,1)=discountrate(j,1);
    end
end

```

```
b=0;
i=1;
while principle1>0
cash(j,i)=principle3*coupon(i,3)/4/discountrate1(j,i) ;
a(j,1)=a(j,1)+cash(j,i);
b=b+principle1*0.0043*3+0.435;
principle1=26.698-b;
i=i+1;
discountrate1(j,i)=discountrate(j,i)*discountrate1(j,i-1);
end

c=0;
while principle2>0
cash(j,i)=principle3*coupon(i,3)/4/discountrate1(j,i) ;
a(j,1)=a(j,1)+cash(j,i);
c=c+principle2*0.0043*3+0.165;
principle2=2.036-c;
i=i+1;
discountrate1(j,i)=discountrate(j,i)*discountrate1(j,i-1);
end

a(j,1)=a(j,1)+26.698+2.036;
d=0;
while principle3>0

cash(j,i)=(principle3*coupon(i,1)/4+principle3*0.0043*3+0.042)/discou
ntrate1(j,i);
a(j,1)=a(j,1)+cash(j,i);
d=d+principle3*0.0043*3+0.042;
principle3=0.528-d;
i=i+1;
discountrate1(j,i)=discountrate(j,i)*discountrate1(j,i-1);
end

end

e=e+oas(j,1);
end
testc=e/10000;
```

