

**A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Management**

**Convertible Bonds Pricing Model under Heterogeneous
Investors and its Optimal Strategy Analysis**

Ph.D.Candidate : Chen Rui

Major : Business Administration

Supervisor : Prof. Gong Pu

Huazhong University of Science and Technology

Wuhan 430074, P. R. China

October, 2012

独创性声明

本人声明所提交的学位论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除文中已经标明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

日期： 年 月 日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权华中科技大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

本论文属于 保密，在_____年解密后适用本授权书。
 不保密。

（请在以上方框内打“√”）

学位论文作者签名：

日期： 年 月 日

指导教师签名：

日期： 年 月 日

摘要

伴随着改革开放进程的不断推进，中国的资本市场经过逾二十年的发展，由量变逐渐转向质变，整体规模显著增大，市场功能开始得以发挥，运行规范性以及质量也得到明显的提升，国民经济“晴雨表”的作用日趋明显，为国内市场进一步的创新发展奠定了坚实的基础。

积极稳妥地发展包括可转换债券在内的各类衍生金融产品，既是资本市场进一步深入发展的客观需要，同时也是市场上各类投资者进行风险管理的迫切要求，对于完善市场结构，丰富交易品种，加快金融体制改革，增强国民经济的抗风险能力，具有重要的意义。从海外市场经验来看，可转换债券为金融市场的繁荣和企业竞争力的提升起到了积极的推动作用，能够有效地增强市场的整体弹性和灵活性，促进市场实现健康、持续、稳定发展。而从国内资本市场的现状来说，可转换债券市场的繁荣，对于增强市场机构差异化竞争活力，促进投资策略多样化、竞争模式多层次化的金融生态环境的加快形成，缓解长期困扰我国资本市场的股权融资比例过高等困境也有着积极的示范意义。

但由于可转换债券具有明显的不确定性、非线性和奇异期权特性，加之可转换债券附加条款之间的相互作用也会影响可转换债券的价值，并对可转换债券持有人和发行人最优策略的选择路径产生深刻的影响，因此可转换债券的相关理论研究一直都是学术界的难点问题。而受国内市场发展时日尚短、样本数据有限的掣肘，国内对包括赎回策略、赎回公告效应等问题均甚少有全面、深入的实证研究成果。有鉴于此，本文从多个角度出发，围绕可转换债券的定价模型、相应的数值实现技术以及最优策略等展开了较为深入的研究。

首先，可转换债券的诸多附加条款如转换条款与赎回条款之间呈相互影响、相互制约之态，债券发行人与持有人在选择最优策略路径时带有显明的博弈特征。因此本文基于期权博弈理论的最新研究成果，尝试建立了考虑债券发行人和持有人之间博弈的可转换债券定价模型，并推导了该定价模型的有限元数值解法。在此基础上，分析了可转换债券条款对最优策略的影响。

华中科技大学博士学位论文

其次，以我国可转换债券市场样本为例对赎回策略进行了实证分析。采用文中基于期权博弈理论的可转换债券定价和策略分析模型计算理论值，并与国内市场实际情况进行对比，检验了我国可转换债券的赎回溢价以及是否存在推迟赎回现象等，探讨了所得结果与国外同类型研究成果不同之处的内在原因。实证结果表明，采用基于博弈期权方法的定价模型所得结果较之现有相关文献的结果能够更好的反映市场上所存在的诸多现象。

再次，鉴于可转换债券现有研究模型多建立在投资者理性范式之下，较少考虑投资者异质性的影响，本文尝试将行为金融理论引入可转换债券定价模型之中，采用投资者的后悔厌恶来表征投资者的异质信念，构建了投资者异质信念下可转换债券定价模型，重点探讨了异质信念对可转换债券赎回策略的影响，给出了一个行为金融分析理念与传统可转换债券定价模型框架相结合的示例。理论模型及数值实验结果均表明可转换债券发行者的后悔厌恶情绪是可转换债券推迟（或者提前）赎回的一个重要原因。

最后，以国内可转债市场上已完成赎回的样本对赎回公告效应进行了检验，重点探讨了流动性压力和信息不对称假说对于我国市场样本的解释效力。实证结果显示，赎回公告时产生的超额收益符合流动性假说，但赎回公告后的超额收益则与其不一致，其所预测的价格回复现象并未得到验证。对于不对称信息假说，本章所获得的实证结果表明，该假说可以在一定程度上解释国内可转换债券赎回公告时出现的超额收益。

综上，本文从多个层面深入地探讨了可转换债券定价问题的内在机制与演化过程，力图更好的反映可转换债券附加条款以及投资者行为对于可转换债券价值和最优策略的影响。通过采用国内可转换债券市场数据，检验了所提模型的有效性，并对比分析了可转换债券国内外市场所存在的不同及其成因，力求为促进我国金融机构投资国际可转换债券市场和国内可转换债券市场的创新发展，提供合理的、科学的依据。

关键词：可转换债券 期权博弈 最优策略 后悔厌恶 赎回公告

Abstract

With the continuous progress of the opening-up during the last twenty years, the role of the capital market in China has become more and more important which will be the solid foundation for further innovative development.

To develop multi-kinds of derivatives including convertible bonds is not only for the need of the development of capital market but also for the need of risk management of investors. This process will play an important role in many aspects, such as perfect market structure, enrich tradable products, fasten the reform of financial system and strengthen the anti-risk ability of investors. From the perspective of overseas market, convertible bond is useful for the prosperity of financial market and the promotion of enterprise competitiveness which will enhance the elasticity and flexibility of the whole market effectively. In the other hand, the prosperity of the convertible bond is also helpful to solve Chinese capital market troubles such as extortionate stock financing ratio, lack of investment tools and financial innovation.

However, the characteristics of uncertainty, nonlinear and exotic deep inside in the convertible bonds puls the interaction of the additional clauses make it difficult to price and analyze properly. Thus, the valuation, numerical implementation and optimal strategy analysis are still hot issues in relevant fields. Furthermore, the handicap in the short of data sample due to the young age of Chinese convertible market, only few former literatures deal with the empirical study on the call strategy and call announcement effects in domestic market. Therefore, a deep study on convertible bond pricing models, numerical implementation techniques and empirical study is conceded in this dissertation.

Firstly, based on the method of option game, a valuation model for convertible bonds which takes the characteristics of game between the bonds issuer and holder into account is built, and then numerical solution of the model through finite element method is derived correspondly. On the basis of that, the impacts of several additional clauses on the choice of optimal strategy are analyzed.

Secondly, an empirical study on the call strategy in Chinese market is conducted. Through the comparison of the theoretical results derived from the model proposed in the

华中科技大学博士学位论文

first part and the actual redemption results in the market, the validity of the model is examined. The results shows the model proposed in this dissertation can reflect the market phenomenon better than former literatures. In addition, some high degree of call late still needs further explanation which leads to the third part of the dissertation.

Thus, under the framework of behavioral finance, this dissertation use the regret aversion to stand for the heterogeneous beliefs of investors and a revised pricing model is constructed subsequently. Focusing on the call strategy, the impact of investors' heterogeneous belief on the convertible bonds is analyzed. Results of theoretical model and numerical simulation both point out that the regret aversion of convertible bonds issuers could explain call strategy of convertible bonds late(early) properly.

Finally, the call announcement effects of convertible bonds in Chinese market are examined. The analysis on the cumulative abnormal returns finds only little support for the liquidity hypothesis, especially the price reversion predicted by the liquidity hypothesis doesn't show up in the test. On the other hand, the hypothesis of asymmetry information seems more robust than liquidity hypothesis in our results.

In general, the results proposed in this dissertation will provide some help for understanding the characteristic of convertible bonds better and promote the development of convertible bonds markets in China.

Key words: Convertible bonds Option game Optimal strategy Regret aversion
Call announcement effect

目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	III
1 绪 论	
1.1 选题背景和研究意义	(1)
1.2 相关理论最新研究进展	(4)
1.3 本文主要内容及创新点	(17)
2 基于期权博弈理论的可转换债券最优策略研究	
2.1 问题的提出.....	(21)
2.2 定价模型的建立	(22)
2.3 有限元数值实现技术	(26)
2.4 可转换债券最优策略分析	(28)
2.5 本章小结.....	(35)
3 期权博弈下可转换债券赎回策略实证研究	
3.1 问题的提出.....	(36)
3.2 样本描述.....	(37)
3.3 模型参数估计	(40)
3.4 结果分析.....	(45)
3.5 本章小结.....	(55)
4 后悔厌恶型投资者可转换债券赎回策略研究	
4.1 问题的提出.....	(56)
4.2 后悔厌恶发行者的赎回策略分析	(59)
4.3 后悔厌恶发行者情形下的定价模型和数值实现技术	(61)

华中科技大学博士学位论文

4.4	数值模拟算例分析	(63)
4.5	本章小结.....	(66)
5	可转换债券赎回公告效应实证分析	
5.1	问题的提出.....	(67)
5.2	样本描述.....	(68)
5.3	研究方法与变量设计	(70)
5.4	结果分析.....	(75)
5.5	本章小结.....	(81)
6	研究总结	
6.1	本文主要工作和研究结论	(82)
6.2	研究展望.....	(84)
	致 谢	(85)
	参考文献	(86)
	附录 1 攻读博士学位期间发表及完成的学术论文目录	(99)
	附录 2 攻读博士学位期间参与的研究课题	(100)

1 绪论

1.1 选题背景和研究意义

经过近30年的深化改革和持续的扩大对外开放，中国的国民经济得到了长足的发展，使得资本市场也迎来了重要的发展机遇。随着近年来《关于推进资本市场改革开放和稳定发展的若干意见》的贯彻落实，以及各项改革发展工作的不断深入，中国的资本市场由量变转向质变，整体规模显著增大，市场功能开始得到逐步发挥，运行规范性以及质量也得到了明显的提升，逐渐呈现出国民经济“晴雨表”的作用，也为资本市场的创新发展奠定了坚实的基础。

积极稳妥地发展包括可转换债券在内的各类衍生金融产品，既是资本市场进一步深入发展的客观需要，同时也是市场上各类投资者进行风险管理的迫切要求，对于完善市场结构，丰富交易品种，加快金融体制改革，增强国民经济的抗风险能力，具有重要的意义。从海外市场经验来看，可转换债券为金融市场的繁荣和企业竞争力的提升起到了积极的推动作用，能够有效地增强市场的整体弹性和灵活性，促进市场实现健康、持续、稳定发展。可转换债券市场的繁荣，对于增强市场机构差异化竞争活力，促进金融产品多元化、投资策略多样化、竞争模式多层次化的金融生态环境的加快形成也有着积极的示范意义。

同时也应充分认识到，在推进资本市场改革、创新、发展的过程中，随着我国经济参与全球化竞争程度的不断提高，国内经济和金融市场与外部市场的联系愈发紧密，国内资本市场所面临的环境正变得日益错综复杂。我国资本市场发展的时日尚短，基础仍多有不牢之处，夯实市场发展基础，防范和化解风险，是当前中国所面临的艰巨任务之一。因此充分借鉴海外市场的成熟经验，总结历史经验教训，准确把握衍生产品的产品属性和发展的内在规律，以及我国资本市场的独有特征，对于实现包括可转换债券在内的各种金融衍生产品在国内的蓬勃发展至关重要。

作为一种中间性的投融资产品，可转换债券的最大特点是债券持有人在购买债券的同时，享有了在未来可将所持有的债券转换成债券标的股票的权利。除了一般

华中科技大学博士学位论文

的债权以及转换期权之外，可转换债券一般还包括众多附加期权，主要有：投资者在一定条件下将债券按照一定价格回售给公司的期权(回售权)，公司在一定条件下调整转股价格的期权(转股价调整权)，以及公司在一定条件下赎回可转债的期权(赎回权)。

经过多年的前行与探索，可转换债券在全球资本市场上逐渐走向成熟，产品线不断完善，市场地位日趋重要，现已成为整个资本市场上的重要支柱性产品之一。根据Securities Data Corporation (SDC) 数据显示，可转换债券的全球年发行规模已从1992年的78亿美元增长到2007年的560亿美元，截至2009年全球可转换债券的存量已高达4030亿美元。同时，作为一种兼具债券和股票期权双重特性的金融衍生产品，可转换债券已不仅成为企业的主要国际融资工具之一，也日渐成为各种金融投资机构构造对冲投资组合的重要手段。以美国可转换债券市场为例，在一级市场上发行的可转换债券大约有70%到75%的份额是由对冲基金购买（Arshanapalli等（2005））。围绕可转换债券的套利交易策略已经成为最近20年来对冲基金最为成功的交易策略之一。（Loncarski, Horst和Veld（2009））此外，可转换债券自身也在不断推陈出新，以适应新的金融市场环境。针对此次金融风暴所引发的银行危机，Contingent Convertible Bonds(CoCo Bonds)应运而生，已成为国际资本市场上的新宠。（Boris, Dwight和Alexei（2010））

在中国，发展可转换债券市场对资本市场的发展与完善，金融制度的创新以及打通企业尤其是中小企业的融资通道有着重要的意义。中国的资本市场一直存在着股权融资比例过高、投资品种匮乏、金融创新困难等问题，需要尽快地推出债券类和权证类的金融产品并完善相关交易市场。与海外成熟市场相比，中国可转换债券市场尚处于起步阶段，可转换债券作为一种中间性的投、融资工具，其市场体系的繁荣和发展将十分有利于中国资本市场的成熟和金融风险的化解。中央人民银行在其2010年工作会议中首次提出，将研究发行可转换债务融资工具作为金融市场产品创新工作的一个重要内容。与此相配合，自2010年3月起，中国石化、中国银行以及中国工商银行等相继宣布了高达数百亿的可转换债券融资计划。此外，江苏双良空调设备股份有限公司，广东塔牌集团股份有限公司，铜陵有色金属集团股份有

限公司等多家上市公司相继发布了年内各自的可转换债券再融资方案，中国可转换债券市场自此迎来了高速扩张时代，2011年初首次进入千亿元市场规模时代。。

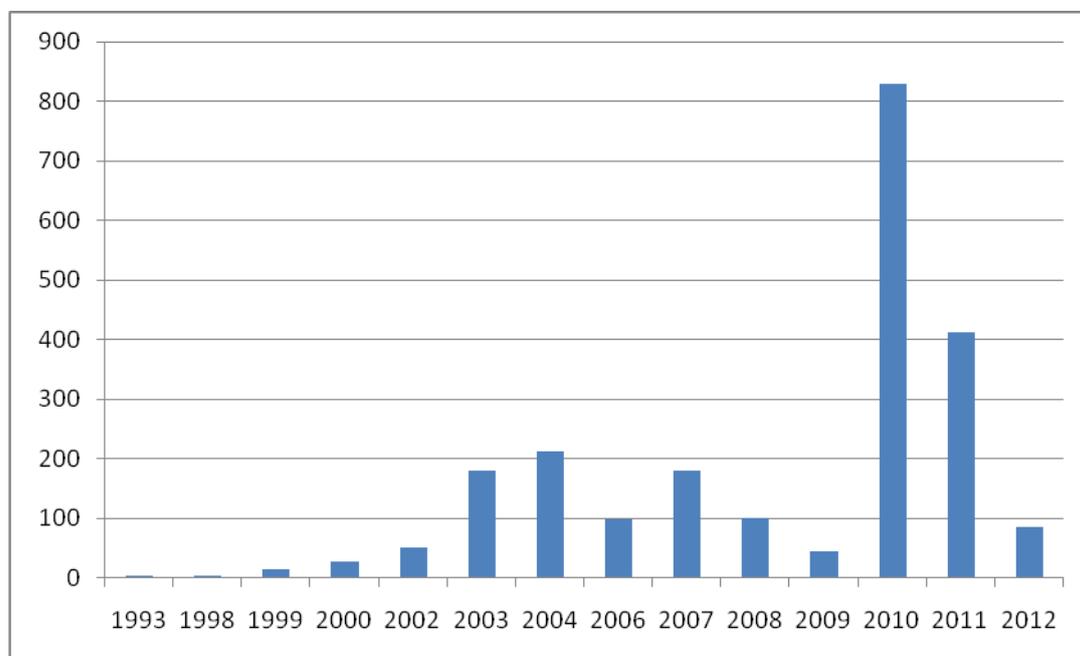


图 1-1 国内可转换债券市场历年发行规模（1993 年至 2012 年上半年，单位：亿元）

因此，作为主要的国际融资和投资工具的可转换债券，对可转换债券相关问题的研究不仅具有较高的学术价值，也具有重要的实际应用价值。但由于可转换债券定价问题涉及诸如股票价格，利率，违约风险等多个层面，其价值方程呈现显著的非线性和奇异期权特征，加之可转换债券所特有的诸多附加条款之间呈相互制约、相互影响之态，这一特点对于可转换债券定价问题乃至最优策略分析问题都是不容忽视的关键性因素。因此可转换债券的相关研究一直都是学术界的难点问题，围绕着可转换债券的众多难解之谜，如对于可转换债券的推迟赎回问题的解释等至今也没能得到很好的解决。

另一方面，理论界目前对可转换债券的定价研究大部分均基于新古典金融理论框架下。新古典金融理论借鉴了新古典的宏观均衡分析范式，所有的分析都在新古典经济学所倡导的完美市场中进行。这一理论体系自七十年代中期完全形成以来，深受理论界和实业界的推崇，占据了金融学理论的主流地位。然而，越来越多的实证证据表明，传统的新古典金融理论也许并不能正确地反映投资者的实际决策行为和市场运行状况。仅以此轮自2007年爆发源于次级抵押贷款(Mortgage Backed

Securities)和信用衍生产品(Credit Derivative)的金融危机为例,经典的资产定价理论和精妙优美的数学模型均难以解释2000-2007年出现的美国房地产和信用泡沫 (Dumas, Kurshev和Uppal (2009))。应当看到,由于新古典金融理论框架下的市场模型是建立在完全理性和完全信息两个基本前提条件下的,一旦其中的一个假设条件证伪,上述假设条件形成的逻辑链条就会即刻断裂,有效市场假说的基石就会因此而崩塌。因此,金融学领域自上世纪80年代中期起,开始出现了一个新的分支,即行为金融理论,不少学者纷纷提出不同于传统有效市场说法的概念,如噪音交易者,投资者的异质信念等来试图解释股票市场、债券市场上资产价格波动、权益溢价,期权隐含波动率微笑等各种难解之“谜”,并取得了大量的成果。但是,迄今为止,甚少有研究文献从行为金融理论的角度探讨可转换债券的定价模型。

因此,本文将试图从多个层面出发,将期权博弈分析体系与行为金融最新研究成果与传统的可转换债券定价框架有机的结合起来,深入探讨可转换债券定价问题的内在机制与演化过程,发展一套更为有效的可转换债券定价模型及数值模拟实验系统,并通过采用国内可转换债券市场数据,检验所提模型的有效性,并对比分析可转换债券国内外市场所存在的不同及其成因,借鉴国外可转换债券成熟市场的经验,力求为促进我国金融机构投资国际可转换债券市场和国内可转换债券市场的创新发展,提供合理的、科学的依据。

1.2 相关理论最新研究进展

1.2.1 可转换债券定价模型研究

Ingersoll (1977a,1977b)以及Brennan和Schwartz (1977)是该领域研究的标志性成果,他们以债券发行公司资产的市场价值作为标的状态变量,将可转换债券视为写在其之上的衍生产品,采用相机权益分析方法,并结合Merton(1974)的研究成果—结构化模型,提出了一整套的可转换债券定价分析与求解框架,进而在一定条件下推出了模型解析解,并围绕可转换债券核心的转换与赎回决策问题给出了最优策略分析。

由于公司的资产在通常情况下并非可在市场进行交易的标准化产品,其价值和

波动率参数难以用适当的数学模型加以准确度量，因而以公司资产的市场价值作为标的状态变量的可转换债券定价模型在后续的推广应用中受到了较大的制约。因此 McConnell 和 Schwartz(1986) 采用股票价格而不是公司资产价值做为标的状态变量，以一种特殊的可转换债券—流动性收益期权票据 (the Liquidity Yield Option Note, LYON) 为例给出了一整套的模型框架建立与分析方法。现有的可转换债券定价模型的建立多沿袭该模型在这一方面的基本设定，即以股票价格作为标的状态变量。

目前从整体来看，可转换债券定价模型的理论研究大致有三大分支：第一支为沿袭 Ingersoll (1977a) 所采用的方法，利用某些简化假定与数学转换方法，采用相机权益的分析范式，力图求得可转换债券价值的解析解，如 Lewis(1991)，Koziol(2006) 等皆是如此。Liao 和 Huang(2006) 将定价模型拓展至了同时考虑赎回条款、税收以及破产成本的情形下，给出了相应的解析解，并据此围绕包括赎回、转换以及破产在内的核心决策问题展开了最优策略分析。其研究成果表明推迟赎回的程度与发行公司执行的股利支付和税收政策直接相关。国内近期的相关研究成果比较典型的是周其源，吴冲锋和刘海龙 (2009) 采用完全拆解法，将可赎回可转换贴现债券完全拆解为 5 种简单证券的组合并据之推导出定价解析式。与数值定价方法相比，此类方法的计算速度与效率通常较高。但是由于可转换债券定价问题的边界条件非常复杂，并且还涉及到通常很难有显式解析解的美式期权自由边界问题，因此此类方法的使用通常都需要较强的前提假定（如假定可转换债券只能在债券到期日行使转换权利，股利以及债券票息的发放为连续方式而非离散等），而这些假定往往与市场的真实条件不符，因此其应用受到了一定的限制。

第二种为采用蒙特卡洛 (Monte Carlo) 模拟方法。王承炜和吴冲锋(2001) 应用这一方法计算赎回与回售条款被触发的概率，其所得结果表明回售条款的存在对于投资者的影响相对于赎回条款来说较不明显。Kimura 和 Shinohara(2006) 是 Monte Carlo 模拟方法应用于可转换债券定价分析的标志性文献之一。但出于分析的便利因素，在其研究中对债券发行公司的分红政策和债券信用风险等其它重要因素的影响未加以考虑。而且该文也并未考虑可转换债券相关条款之间的交叉影响，而是仅仅将可转换债券视为一般债券和内嵌转换期权的叠加，因此对于可赎回性这一可转换债券

的重要特性未能给予充分的考量。Ammann 等（2008）将 Monte Carlo 方法与遗传算法相结合，首次将遗传算法引入可转换债券定价研究之中，获得了良好的效果。Yang 等（2010）对 Kimura 和 Shinohara（2006）模型进行了拓展，将稀释效应纳入了可转换债券定价模型之中。张卫国，史庆盛和许文坤（2011）将随机 Faure 序列和方差减小技术有效地和最小二乘蒙特卡罗方法相结合，提出了可转债的全最小二乘拟蒙特卡罗定价方法，并以燕京转债为例进行了分析。其实证分析表明，改进后的方法所得结果误差更小，所需的计算时间也得到显著降低。

采用 Monte Carlo 模拟方法计算可转换债券价值的缺陷在于当价值方程所考虑的状态变量超过两个时其计算复杂度过高，收敛性也易受到较大影响，而可转换债券的重要特点之一恰恰是所涉及的变量因素较多，这一点极大地限制了 Monte Carlo 模拟方法在可转换债券定价模型中的进一步推广应用。

第三种方法为采用基于网格(lattice-based)的数值求解方法，此类方法在应用于商业开发的可转换债券定价系统中被广泛采用，比较著名的有 Bloomberg OVCV，Monis, SunGard 等。最早使用此类方法的理论定价模型为 Brennan 和 Schwartz(1977)，采用的是有限差分方法。Brennan 和 Schwartz（1980）将该定价方法推广至了随机利率的情形下，对定价模型研究是否需要考虑利率的随机结构进行了分析。之后，Bardhan 等（1994）和 Tsiveriotis 与 Fernandes(1998)相继提出了信用风险对于可转换债券价值的影响不可忽视这一观点。Tsiveriotis 和 Fernandes(1998)的方法可简述为将可转换债券拆分为债券属性和股票属性：股票属性部分假定不包含信用风险，债券属性部分则采用一个固定的信用价差来刻画其所具有的信用风险，通过这一分解有效地降低了考虑信用风险影响时可转换债券定价问题的求解复杂程度。Hung 和 Wang(2002)与 Ammann 等(2003)在分析类似问题时均沿袭了这一思路。Barone-Adesi 等(2003)则开拓性地将有限元方法(Finite Element Method)引入可转换债券定价研究之中，推导出了债券发行公司的股票价格与市场利率同时为随机变量时的双因子模型数值解。龚朴等（2004）则在此基础之上，将定价模型拓展至考虑可转换债券附加条款的情形，通过边界条件的改变反应不同条款的特征，并据此推导了有限元方法统一的求解路径。随后利用数值模拟技术，分析了不同条款对于可转换债券价值的

影响，探讨了各条款在可转换债券设计中的不同作用。Gong 等（2006）将有限差分方法与多期复合实物期权定价方法相结合，有效的规避了可转换债券定价模型的价值方程求解较易陷入复杂高维积分的难题。实例分析表明所提方法在收敛速度和求解精度上较传统求解方式具有一定的优势。Foufas 和 Larson (2008) 提出了一种适应性有限元方法（adaptive finite element method）来计算可转换债券的价值。李念夷和陈懿冰（2011）在不考虑赎回条款和回售条款的情形下，将违约概率引入传统三叉树模型中，得到了基于违约风险的三叉树定价模型，随后将其应用于中国市场中的实例计算之中，并分析了理论值与实际值差异形成之因。朱艳芳和张维（2011）在公司资产包含股票、债券及可转换债券 3 种资产的情形下，建立了风险价格均衡下的结构型二叉树可转债定价模型，其研究结果证明了公司风险资产之间风险价格均衡状态的存在。

总的来说，被应用于可转换债券定价模型之中的基于网格类的方法主要有二叉树/三叉树法，有限差分方法以及有限元方法。有限元方法的基本思想是用分段连续的函数近似满足偏微分方程的函数，是逼近论、微分方程和泛函分析等的巧妙结合。与其他方法相比，有限元方法具有以下优点：①有限元方法可以相对容易地处理不规则的区域；②有限元方法具有较强的稳健性与可靠性；③有限元方法可以更灵活地处理终端条件以及边界条件（Markolefas, 2008）。由于本文重点考察了可转换债券附加条款的影响，对处理边界条件的要求较高，因此采用有限元方法是一个较为合适的选择。

1.2.2 可转换债券最优策略研究现状

可转换债券的一大特点是包含有众多相互影响、相互制约的条款设置，这些条款不仅对可转换债券的价值有较大的影响，同时也会显著的作用于可转换债券持有者和发行者的最优策略路径的选择，最典型的例子就当属转换条款与赎回条款。

Ingersoll（1977a）、Brennan 和 Schwartz（1977）在对可转换债券发行方的最优赎回策略分析中指出，赎回条款应当在赎回价格等于转换价值时立即触发。但是，后续的实证研究结果与这一理论指导却并不吻合，市场上的可转换债券通常会有推迟赎回的现象，比较典型的文献包括 Asquith 和 Mullins(1991)和 King 与 Mauer(2000)

等。因此，后续围绕如何解释推迟赎回这一现象的文献络绎不绝，以信号传递、安全性溢价为代表性的一系列假说被相继提出（Mauer(1993), Asquith (1995), Jalan 和 Barone-Adesin(1995)），但各假说的解释效力均与市场实际情况仍有显著的差距。因此部分学者提出，可转换债券赎回条款的一些细节条款如赎回公告期、赎回约束等的存在可能也是导致推迟赎回现象产生的重要原因之一。

Butler（2002）的研究结果就表明，赎回公告期的存在确实会导致债券发行人推迟赎回可转换债券，同时赎回公告期的长度对于赎回程度有显著的影响，赎回公告期越长，推迟赎回程度越高。Butler(2002)模型的局限性在于其对可转换债券定价模型做了过多地简化设定，尤其是将可转换债券转换权利视为只能在债券到期时进行转换的欧式期权，因此所得结果的有效性具有一定的局限性。类似的研究还包括 Kwok 和 Wu（2000），Gong 等（2006）等，他们的研究结果也均肯定了赎回公告期长度对于最优赎回策略的影响，即将赎回公告期纳入模型考量之后，市场实际的赎回结果与理论模型预测的结果差距得到了显著的减少。

基于 Butler（2002）所提出的模型基础之上，Altintig 和 Butler（2005）采用美国市场上从 1986 年到 2000 年之间所有发生了赎回的可转换债券为研究样本，对美国可转换债券的赎回策略进行了系统检验。实证结果显示，在考虑了赎回公告期、应计利息和收益优势的影响后，可转换债券并不存在显著的推迟赎回现象。

另一个对于可转换债券最优赎回策略有着重要影响的因素是赎回约束。赎回约束一般分为两类，一种是规定发行公司只有债券发行一定时间之后才能进行赎回，通常称为硬赎回约束，而另一种则是规定发行公司只有当公司股价在满足了预先设定的条件之后才能触发赎回条款，两种赎回约束中后一种对于投资者的保护作用更强，能够有效地避免发生过早赎回债券的现象，因此其对于最优赎回策略的影响也更为显著。软赎回约束中对于公司股价的条件设定一般均规定是必须在一段时间内连续满足方可，这一点通常也被称为巴黎期权特征。Lau 和 Kwok（2004）是首个对于转换条款与赎回条款的相互制约、相互影响的特性进行了系统性分析的研究成果，其深入探讨了软、硬赎回约束对于最优策略的影响。何志伟和龚朴（2005）在此基础之上，通过数值模拟技术进一步分析了债券发行公司和债券持有人的最优策略选择。

对可转换债券最优策略分析的另一个重要思路是从债券发行人与持有人之间的博弈角度出发。对于具有赎回条款的可转换债券来说，其债券的持有人与债券的发行人在最大化自身利益的时候存在利益冲突。发行人出于最大化公司权益价值的目的在适当的条件下有权选择赎回其可转换债券，但是发行人行使赎回权利的同时，相当于对持有人的转换权利所能获得的最大价值予以了制约，持有人丧失了部分可能获得的潜在利益。因此赎回条款与转换条款之间是相互影响，相互制约的，如何在定价模型中较好的反映出这一特征对于分析可转换债券的最优策略至关重要（Bielecki 等（2009））。而期权博弈理论是解决这一问题的良好手段。

期权博弈理论是在实物期权发展的基础上融入博弈论的分析框架演变而来，其将实物期权引入竞争环境下进行评估，平衡不确定性带来的期权价值和博弈产生的竞争优势进行比较，最终获得最佳结果均衡。期权博弈理论通过将期权定价方法和博弈分析框架相结合的方式，为不确定条件和连续时间下的动态多人决策问题的求解开辟了新的道路。这一思路的优势在于，能够将收益函数的计算从决策的相互作用中剥离出来，从而可以分别采用期权定价方法和博弈论来处理这两个问题之后，再加以统一，因此大大的化简了原有的分析难度。

相比期权博弈理论在实物期权研究中所取得的丰硕成果，其在可转换债券中的应用相对较晚，但也已取得了卓有成效的进展。Kifer（2000）是最早将这一方法引入类似于可转换债券的衍生产品的研究文献，即以以色列式期权(Israeli option, 也称为博弈期权 Game option), 该期权具有与可转换债券类似的特征，期权的买方和卖方均有权利在到期日之前选择终止期权（对应于可转换债券的赎回权）。在研究方法上，采用了最优停时博弈（Dynkin 博弈）对完善市场条件下的以色列式期权定价进行了探讨。

在这之后，Bühler 和 Koziol（2004）正式将期权博弈理论引入可转换债券研究之中，试图解释可转换债券发行人选择推迟赎回的动机。其核心观点认为采用传统的期权定价方法难以很好地度量可转换债券的价值，可转换债券所牵涉各方的决策问题需要用博弈理论来进行分析。研究结果同时表明，降低强迫转股时可能导致的股东负效应可能是债券发行人选择推迟赎回的重要动因之一。

Yagi 和 Sawaki (2005) 引入耦合停时博弈来分析可转换债券的定价问题。在不考虑利息支付的情况下, 讨论了债券持有人转换策略的选择与债券发行人最优赎回策略选择的路径相依特性。

Kallsen 和 Kühn(2005)的工作则是在不考虑发行公司股票分红的条件下利用期权博弈方法分析可转换债券, 其所得到的动态分析方法与 Karatzas 和 Kou (1998) 所提出的静态方法相比, 在条件一致的情形下, 两种方法所得到的结果具有很高的一致性。但是静态方法只能够获得债券的初始价格, 而 Kallsen 和 Kühn 的方法则能够较为准确的刻画整个价格过程, 因此具有更好的实用性。

Sirbu 和 Shreve(2006)的研究则通过假定债券价值与股票价值是公司价值函数的方式, 证明了赎回与转换决策的选择取决于债券的息票率、股票分红率、市场利率和赎回价格之间的关系, 并且无论处于何种情形, 决策双方之间的博弈互动问题都可以归结为一个最优停时问题, 从而为类似问题的分析给出了一个范式分析结构。

Egami(2010)基于期权博弈理论建立了一套可转换债券债务融资分析的框架, 并在特定的条件下推导出了该框架的显式解, 并探讨了其潜在的经济含义。在此基础上, 将可转换债券融资方式与直接债务融资方式对包括企业运营成本、破产成本等在内的多个融资决策的影响进行了深入的对比分析。

Beveridge 和 Joshi (2011) 将零和期权博弈与蒙特卡罗模拟方法相结合, 围绕如何计算边界条件这一难题给出了两种新的方法, 对方法的适用条件与范围进行了具体阐述, 并以可转换债券为实例对所提方法的有效性进行了检验。

可以看到, 期权博弈的方法对于刻画可转换债券所包含的债券发行人与持有人之间博弈互动的特征具有良好的效果, 但是现有的文献出于分析的便利考虑, 通常都会对可转换债券的某些特征进行简化处理。当同时考虑股利政策、付息政策以及可转换债券其它条款的存在时, 所涉及的博弈问题将变得较为复杂, 定价方程的求解对于一般方法来说难以驾驭, 如何采用合适的方法来对该问题进行求解是目前该领域有待解决的关键性问题。

1.2.3 可转换债券实证研究概况

为了检验可转换债券定价模型所得结果的有效性, 众多学者应用不同的方法检

验了理论值与市场实际值之间的差异程度，并提出了为数众多的理论试图解释这一现象所存在的原因。King（1986）采用美国市场数据，对于采用单因素二叉树模型所获得的理论结果进行了实证检验。实证结果表明，在样本检验期内的 103 只可转换债券的真实价格与理论价格相比较，平均要低 3.75%。相比这一结果，Carayannopoulos（1996）所获得的结论更为显著。在选取了美国市场上 30 只可转换债券的日市场价格为样本后，对采用 CIR 随机利率期限结构建立的双因素定价模型的实证检验显示，市场实际价格与理论模型结果之间的差距平均幅度高达 12.9%。

除美国市场之外，其它海外主要市场也取得了丰硕的实证研究成果。法国市场上，Ammann 等（2003）选取了 18 个月的日市场价格数据为检验样本，得到的结论是市场实际价格相比理论结果平均要低 3% 左右，这一结果与 King(1986)所获得的结果相近。同时，实证结果还发现，两者之间的差距程度与可转换债券距到期日的时间长度有关，距离到期日越远的可转换债券，其市场价格与理论模型得到的结果越接近。在日本市场上，Buchan（1997）采用了与 Carayannopoulos（1996）类似的方法作为理论模型结果，选取了日本市场上 35 只可转换债券作为研究样本。但是与美国市场所获得的结论不同的是，在日本可转换债券市场上所观测到的现象是市场实际价格要大于理论结果，其幅度大约为 1.7%。两个不一致的检验结果表明，如何解释可转换债券定价模型的理论结果与市场实际结果之间所存在的差异还有待更进一步地探讨。Szymanowska, Horst 和 Veld(2009)指出，现有基于投资者理性的分析框架仅能覆盖理论结果与真实结果差异中的一部分，其余的部分则需要考虑投资者的非理性因素。因此，债券发行人与持有人的非理性因素对可转换债券会产生何种影响是值得进一步深入研究的问题。

可转换债券的发行公告对于发行公司股票价格的影响也是实证研究的重要方向之一。Smith(1986)检验了美国市场上可转换债券的发行公告效应，其结果表明，相比于普通股票发行对于证券场所产生的负面影响来说，可转换债券的发行所造成的负面结果要相对较轻，具体的数据前者为-3.14%，后者则为-2.07%，但是与一般债券相比，可转换债券的负面效应仍相对较高。

Kang 和 Stulz(1996)对美国市场上的实证检验结果进行了总结，最终发现大部分

的实证检验结果均显示发行可转换债券所导致的公告效应显著为负，平均程度在-1.5%左右。与此相类似的，Burlacu（2000）也在法国市场上得到了可转换债券发行公告与发行公司股票价格存在显著的负向关系这一结论。上述的实证结果均与 Myers 和 Majluf(1984)所提出的“融资次序假说”相吻合。该假说的核心理论是，当存在公司外部投资人和内部管理者之间的信息不对称时，由于投资人无法完全了解公司的实际情况，只能按照对公司价值的期望来支付。因此如果公司采用外部融资的方式为公司的新项目融资时，会引起公司价值的下降，所以公司发行股票或风险债券都会传递关于公司价值负面影响的信息。但与美国市场所获得的结果不同的是，在对荷兰市场以及日本市场上的样本检验中，却发现了可转换债券发行公告对于发行公司股票价格表现存在正相关的关系。如 Roon 和 Veld(1998)对荷兰市场的实证检验就是如此。他们同时认为，国家之间不同的公司治理结构并不足以解释两地结果的差异。

因此，Abhyankar (1999)试图从可转换债券发行动机出发来解释这一差异。在对英国市场 1986 年至 1996 年这十年间所发行的所有可转换债券进行的实证检验表明，不同发行动机下所发行的可转换债券其公告效应确有不同。当可转换债券的发行是发行公司为了特定目的进行收购或是对之前债务进行覆盖而融资时，其公告效应往往为负向。而当可转换债券的发行是为资本性支出计划而进行时，其发行公告效应大多为正向。

Ammann 等（2006）检验了德国和瑞士两国市场上的可转换债券发行公告效应，数据样本区间取自 1996 年 1 月至 2003 年 5 月。结果显示，可转换债券发行公告效应在两国市场上均显著为负，而两国市场相比，德国的负向程度更为显著。同时，可转换债券的发行公告效应与债券发行公司的权益规模相关联。Dutordoir 和 Gucht(2007)的检验样本则取自整个西欧市场，其实证结果与 Ammann 等（2006）相类似，债券发行公司的股票价格对于债券发行公告的反应显著为负，价格下跌程度平均在 1.44%左右。

Cheng 等（2005）在对 1996 年至 2002 年日本市场样本进行检验时，得到了与美国市场上相近的结论，即可转换债券发行公告效应显著为负，研究结果同时还表明

公司的规模与公告效应有显著相关性，公司规模越大，负的公告效应越显著。

Loncarski 等（2008）对 1991 年至 2004 年加拿大市场的检验结果同样表明，市场的可转换债券发行公告效应显著为负，事件发生后 3 天内其幅度约为-2.7%左右，这一结果与之前在其他盎格鲁-撒克逊国家市场上所做的检验结果是基本一致的。

相比发行公告，对赎回公告效应得检验是可转换债券研究中更受关注的一个问题。早期的研究成果大多发现可转换债券发布赎回公告后会出现负的超额收益。为解释这一现象，诸多假说被相继提出。Harris 和 Raviv(1985)、Kim 和 Kallberg (1998) 以及 Cowan 等（2000）提出了信息不对称假说来解释这一现象。他们认为当债券发行公司的管理者收到一个负面信号时，他们往往就会选择强迫债券持有人转股以尽可能的保存公司的现金流，以避免当信号传递至投资者时所可能出现的负面效应。而当管理者收到的信号为正面时，他们往往就会选择不强迫投资者转股，而将选择权更多地交与投资者，这样就能使他们的公司与市场上的其它公司相区别开来，而当正面的信息传递至投资者时，投资者所做出的选择有利于管理者的可能就相对较大。因此，信息不对称假说认为市场对于可转换债券发布赎回公告会有一个消极的预期。同时，不对称信息假说也认为，若赎回公告所蕴含的负面信号在市场上已被反映出来，则在赎回公告期后并不能观测到价格的异常波动。

在 Ofer 和 Natarajan (1987)的研究中，其研究结果对于信息不对称假说给予了一定的支持，但他们也同时提出，这一结果的稳健性有待进一步深入研究，赎回公告后产生的负的超额收益也同样有可能源自于采用了不太恰当的衡量标准或是市场本身的无效性等其它原因。

此后，实证研究还发现了另一个有趣的现象，那就是可转换债券发布赎回公告后除会在短时间内出现负的超额收益外，在一段时间后通常还会产生一个正的超额收益。Ederington 和 Goh（2001）据此提出了一个新的假说：流动性压力假说，该假说认为在一个不完善的市场上，可转换债券发生赎回将导致公司发行在外的流通股数量增加，由于流动性压力，股票数量的增加将会导致在短期内股票的价格出现下跌，而在市场逐渐吸收了新增股票释放的压力后，股票的价格就会逐步回复。他们的研究结果还发现，市场上有众多的可转换债券在发布赎回公告前，有为数众多

的具有获取信息优势的投资者选择购买公司股票，而市场上的研究人员也常常会在赎回公告前提高其原有的盈利预测，因此赎回公告很难说是一个负面信号的传递，信息不对称假说难以成立。

Bechmann(2004)检验得到的赎回公告的负向效应大约在 1.75%左右，同时也发现在事件发生一段时间之后，债券发行公司的股票价格将有一个明显的回升，Bechmann 同样认为流动性压力假说能够较好地解释市场上的这一现象。

但是，后续的一些研究成果也对流动性压力假说提出了挑战，最为典型的是 Brick 等（2007）的研究结果。他们的研究结果没有发现公告期间超额收益与公告后超额收益和流动性代理变量之间的相关关系，也没有发现公告期间超额收益与公告后超额收益在统计上有显著相关性。同时采用买入并持有策略计算的超额收益也没有出现公告后的价格反弹，因此他们认为流动性假说所得到的结果并不稳健。另外，其研究结果对于信息不对称假说的检验也并未找到足够的支持证据，因此其结论是关于可转换债券赎回公告效应的理论解释有待进一步商榷。与之类似的是，Duca 等(2012)的实证结果也未找到足够的支持流动性假说或非对称信息假说的证据。

最近两年，实证研究的一个显著特点是重心开始转向可转换债券的套利交易。Choi 等（2009）利用美国市场 1993 年到 2006 年的数据检验了可转换债券套利交易对标的股票市场流动性的影响，文中发现可转换债券的发行提高了股票市场的流动性，并且系统性的随可转债套利交易的活跃而增加，另一方面，实证结果并未发现可转换债券的套利交易于股票市场收益率之间有相关性。Ammann 等（2010）对美国市场上的投资可转换债券的共同基金的整体表现进行了实证检验，结果表明基金投资在可转换债券上的份额相对于其投资于股票市场上的份额差额越大，其整体收益越高。Ammann 等认为造成这一结果的原因在于可转换债券市场目前相对于股票市场所存在的投资机会以及与可转换债券套利相关的交易策略。Choi（2010）对可转换债券套利交易者的存在价值做出了揭示，其结果表明套利交易者的存在作用不仅仅是价格纠偏，同时也是企业投资资本的重要供给来源，原因在于套利交易的发生将极大的保证企业顺利发行可转换债券。

由于国内可转换债券市场一直发展相对较为缓慢，可供实证研究的样本相对匮

乏，因此国内相关的实证研究成果并不多见。郑振龙和林海（2004）、马超群和唐耿（2004）及郑振龙和康朝锋（2006）分别采用了不同的理论模型与国内市场的实际数据进行了对比，其研究结果均认为国内市场的可转换债券价格要明显低于理论模型所得到的结果。与其它研究结果不同的是，赖其男等（2005）的检验结果表明理论模型计算出的结果要比国内市场的实际价格要低，但这一结果由于其所检验的样本区间过短，仅包含了 2005 年市场 3 个月的数据，因此结论的稳健性并不足够。张峥等（2006）应用行为金融理论来解释中国市场上的折价现象，其研究发现中国市场可转换债券平均折价为 10.2%，可转换债券折价程度与到期时间、股票换手率、股票帐面市值比有显著的相关关系，实证结果支持了投资者群体差异假说。而在发行公告的检验上，刘成彦和王其文（2005）的研究结果表明国内可转换债券的发行公告效应显著为正，刘娥平（2005）的结果则恰恰与其相反，检测得到显著为负的发行公告效应。刘舒娜等（2006）的检验结果则更为复杂，在将检验期划分为发行公告发布当日、发行获准日以及发行公告日后一天时，所得到的超额收益前者显著为负，后两者则显著为正。朱艳芳和张维（2011）则认为，现有定价模型未能充分考虑风险因素是理论值与市场实际值偏差的重要原因。在考虑风险价格均衡后，可转换债券定价模型所得结果与市场实际值偏差范围在 2.52%至-0.83%之间的较低水平，可转换债券价值低估问题可以得到一定程度的避免。

1.2.4 行为金融中投资者异质信念的理论研究现状

针对包括可转换债券在内的众多金融产品进行的实证研究结果表明，尽管定价理论模型在最近的几十年里取得了极大的发展，愈来愈多的复杂数学模型与数值实现技术被引入，但理论模型所计算出来的结果与市场实际值仍存在着显著地差异。

例如在可转换债券市场之上，现实中奉行的可转债的赎回策略往往背离理性范式下给出的最优赎回策略，存在推迟赎回（delay call）和提前赎回（early call）的现象，其中以推迟赎回现象居多。实证研究结果表明，许多发行公司在可转换债券价值超过理性范式模型下所求得的最优赎回价（通常为 30% 以上）时，才执行赎回条款，即发行公司推迟赎回。

为了解释理论和现实的差异，许多学者试图从各个角度来解释该现象，如信息

不对称理论、投资人对债券利息以及股利偏好理论等，然而实证结果对于所提出的诸多理论的支持却明显不足。总体来说，现有文献的分析大多基于理性范式的框架之上，虽能够在一定程度上解释推迟赎回现象产生的原因，但其解释程度与市场实证检验结果相比仍存在着一定的差距，并且一般难以解释市场上同时出现推迟赎回与提前赎回现象。

过去的几十年，金融学领域的一个显著特点就是出现了新的分枝——行为金融理论。传统金融学以证券投资者的完全理性投资行为和无摩擦的市场为基础，以期望效应最大化为投资组合选择的准则。但是大量的实证数据检验表明，现实中金融市场存在大量传统资产定价理论无法解释的现象，如股权溢价之谜，截面收益的惯性反转，波动率之谜等等。因此行为金融理论从非完全理性代理人的角度出发，改进了以往传统的同质行为人假设，赋予投资者以更现实的人格异质性特点。

Kyle(1985)首次指出市场上存在噪声交易者，并且噪声交易者对于市场的影响不可忽视。Black(1986)则进一步将噪声交易者界定为会被噪声传达出的信息影响交易行为的投资者，其中噪声被定义为和所投资的资产不相关的信息。当噪声交易者存在于市场上时，资产价格将与经典模型所预测的结果相背离。在这个时期，关于噪声交易者是否存在以及其存在是否对市场有显著影响一直都是争论的焦点问题。直到1990年，DeLong, Shleifer, Lawrence 和 Waldmann (1990a,b)等人提出了以这四人首字母命名的DSSW模型之后，这一争论才得以逐渐平息。DSSW模型从理论上证明了非理性投资者在市场上的存在性以及其对资产价格的影响不可忽视性，并创造性地提出了“有限套利”理论，该理论揭示了市场上的理性投资者没能按照经典模型所预测的迅速消除由非理性投资者所带来的价格偏差的内在原因，从而揭开了近二十年来以各种行为金融理论解释“市场异象”这一风潮的序幕，众多投资者行为理念被引入资产定价研究领域之中，使该领域的研究在近年来取得了卓有成效的进展。如Basak(2000)将投资者异质信念作为风险因子融入传统定价模型，并获得了考虑异质信念后的资产均衡价格。Xiong和Scheinkma(2003)在分析美国资本市场的网络泡沫危机时，引入了过度自信这一概念。Kogan等(2006)将DSSW模型更进一步，得到了即使异质型投资者所占有的资产份额相比理性投资者来说微不足道时，

这一部分的投资者对于市场的作用都将是显著并且长期存在这一重要结论。Dumas 等(2009)在研究股票价格过度波动这一现象时,引入投资者的过度乐观这一行为模式,并获得了良好的解释效力。Buraschi 和 Alexei (2006), Dumas, Kurshev 和 Uppal (2009), Gallmeyer 和 Hollifield (2008)用投资者异质预期分别对资产价格波动、权益溢价,期权隐含波动率微笑等各种难解之“谜”进行了揭示。

中国证券市场中投资者的非理性心理和行为也引起了国内有很多学者的高度关注和广泛研究,如张维等(2009)对金融市场中的异质投资者及其引发的资产价格泡沫进行了文献综述。陈国进和张贻军(2009)检验了异质信念于我国股市个股暴跌之间的关系。其他类似的还包括张维和张永杰(2006),李心丹、王冀宁和傅浩(2005)及朱宝军和吴冲锋(2005)等。

从现有文献来看,国内可转换债券研究领域内引入行为金融理论的研究成果比较罕见,比较有影响的仅有张峥等(2006)在研究国内市场转债的折价问题的成因时,借鉴了行为金融的思路,但受限于当时国内转债样本数量的限制,并未能获得足够的实证检验结果来支撑所提假说。国外目前相关研究成果相对于股票、债券领域来说也较少,其主要原因一方面可能在于可转换债券的定价模型相对来说更为复杂,要将投资者的异质性融入传统定价模型的难度很高,另一方面则是由于样本数量的限制,采用何种指标来有效度量可转换债券投资者的异质程度目前也仍未有很好的解决办法。

1.3 本文主要内容及创新点

1.3.1 本文主要研究内容

本论文课题主要来源于国家自然科学基金面上项目——“非理性预期下可转换债券定价模型及数值实现技术”。

鉴于现有研究文献所存在的一些不足,本文结合可转换债券具债、股性质于一身的独特性,充分考量附加条款中的赎回条款与其它重要因素对可转换债券价值以及投资者选择最佳赎回策略的相互影响,并通过实证研究,检验了我国可转换债券市场上的赎回溢价、推迟赎回以及赎回公告效应等。本文既包含理论模型、数值模

拟以及实证研究，同时涉及到将传统新古典金融框架下的定价模型与行为金融理论相结合的复杂性难题，具体研究内容如下所列：

(1) 建立了基于期权博弈理论的可转换债券定价模型，并采用数值数值实现技术探讨了可转换债券各条款细节对于债券博弈双方最优策略路径选择所起到的作用。研究结果显示，股票红利发放政策、债券票息利率的设定都会直接影响到债券持有人选择债转股的时机，尤其是当债券票息支付为离散型时，理性的债券持有人绝不会在票息支付前一刻行使转换权利。在赎回条款细则上，赎回公告期的长度、距离到期日的时间乃至赎回约束等都会反映在博弈双方的最优策略抉择上。总体来说，赎回公告期以及赎回约束都是为了保护债券持有人利益而存在的，其作用主要体现在约束债券发行人过度行使其赎回权利之上，也就是说这两个条款能够减少债券发行人过早赎回所发行债券的现象。因此，赎回公告期、赎回约束都起到了推迟发行人赎回的作用，同时赎回公告期越长，推迟赎回的程度越高，这一点在赎回动机是强迫债券持有人转股时表现更为明显。同时，距离到期日时间的不同对于赎回公告期所能起到的推迟赎回作用的程度也有显著的影响。

(2) 以我国可转换债券市场样本为例对赎回策略进行了实证分析。采用文中基于期权博弈理论的定价模型，检验了我国市场上的赎回溢价、推迟赎回等焦点问题，并与海外市场同类型的检验结果进行了对比分析。研究结果显示，采用基于博弈期权方法的定价模型所得结果较之现有相关文献的结果能够更好的与市场实际情况相吻合，赎回公告期与赎回约束的存在能够解释相当程度的推迟赎回现象。

(3) 结合行为金融理论，采用投资者的后悔厌恶来表征投资者的异质信念，构建了投资者异质信念下可转换债券定价模型，重点探讨了异质信念对可转换债券赎回策略的影响，分析了不同赎回动机的发行者的后悔厌恶所导致的违背理性框架下的最优赎回现象。通过引入后悔厌恶导致的价格改变量，来修正理性框架下定价方程的边界条件，并通过数值模拟分析不同的动机所对应的推迟赎回现象（或提前赎回现象），以及后悔厌恶的程度与推迟赎回的程度二者的关系，给出了现实中发行者往往违背最优赎回策略现象的本质解释。

(4) 检验了我国可转换债券市场的赎回公告效应，重点探讨了流动性压力和信

息不对称假说对于我国市场样本的解释效力；结果表明，赎回公告时产生的超额收益符合流动性假说，但赎回公告后的超额收益则与其不一致，其所预测的价格回复现象并未得到验证。对于不对称信息假说，本文所获得的实证结果表明，该假说可以在一定程度上解释国内可转换债券赎回公告时出现的超额收益。

1.3.2 论文主要创新点

本文主要创新之处如下：

(1) 由于可转换债券同时具备债券以及股票特性，加之内嵌于其的转换期权以及各种附加条款，多种复杂因素集于一身的特点使得可转换债券的相关研究呈现出显著的不确定性、非线性和奇异期权特性，尤其是如何更好地反映由转换条款和赎回条款引发的发行人与持有人之间的博弈特征一直都是该领域研究的热点与难点问题之一。因此与现有大多数文献不同，本文基于最新的期权博弈理论，尝试建立了反映债券发行人和持有人之间博弈过程的可转换债券定价模型，并针对控制方程难以求解的问题，应用有限元方法进行数值演算。在此基础之上，分析了可转换债券条款对发行者和投资者最优策略的影响。与现有文献相比，本文所提出的基于博弈期权方法的定价模型能够更充分地反映由于可转换债券附加条款所造成的投资者博弈互动之特性，从而更好地分析条款中诸多细节对于可转换债券价值以及最优策略的影响。

(2) 行为金融中的异质交易者研究在国内外取得了卓有成效的进展，帮助解释了很多金融市场上的“异常现象”和“难解之谜”。但它相对于传统金融学来说，仍是一个新兴的领域，有很多值得探究的问题。特别是将最新取得的研究成果应用和推广到股票市场之外的金融市场中去，丰富行为金融学理论，帮助解释其它市场的异常现象，具有较高的理论研究和实际应用价值。本文尝试结合行为金融理论，采用投资者的后悔厌恶来表征投资者的异质信念，构建了投资者异质信念下可转换债券定价模型，重点探讨了异质信念对可转换债券赎回策略的影响，分析了不同赎回动机的发行者的后悔厌恶所导致的违背理性框架下的最优赎回现象。数值分析结果表明，所建模型能够弥补在传统定价理论框架下难以解释高推迟赎回现象成因的不足。本文所得结论有助于发行者更切身的选择最优的赎回价格和赎回时机，也有

助于持有者分析发行者推迟和提前赎回的动机，更重要的是本文为行为金融和新古典金融在某些问题上的交融做出了有益的尝试，给出了一个有效融合的方法与例子。

(3) 尽管国外成熟市场上对于可转债的实证研究已取得了丰硕的成果，但是受到可用样本数据的限制，关于我国可转换债券市场的赎回策略和赎回公告效应的系统性实证研究尚甚少有人涉及。本文一方面结合前文所得到的模型，通过实证研究检验了国内市场的赎回溢价与推迟赎回程度，验证了所提模型的有效性，同时将检验结果与国外相关研究成果进行对比，探讨了不同市场之间所存在差异的原因。另一方面检验了我国可转换债券市场的赎回公告效应，探讨了不对称信息假说与流动性压力假说在中国市场上的解释效力。本文所获得的实证研究结果对于把握国内可转换债券现阶段特点以及如何借鉴国外成熟市场经验来发展国内市场都将起到良好的辅助作用。

2 基于期权博弈理论的可转换债券最优策略研究

由于可转换债券同时具备债券以及股票的特性，加之内嵌于其之上的转换期权以及各种附加条款如赎回条款等，多种复杂因素集于一身的特点使得可转换债券的相关研究呈现出显著的不确定性、非线性和奇异期权特性，尤其是对于债券的发行人和持有人之间的最优策略分析一直都是该领域研究的热点与难点问题之一。

本章将基于期权博弈分析方法，尝试建立关于债券发行人和持有人之间博弈的可转换债券定价模型，并推导该定价模型的有限元数值解法，从而更好地分析附加于可转换债券之上众多条款之间的策略互动性。

2.1 问题的提出

对于具有赎回条款的可转换债券来说，其债券的持有人与债券的发行人最大化自身利益的时候存在利益冲突。发行人出于最大化公司权益价值的目的在适当的条件下有权选择赎回其可转换债券，但是发行人行使赎回权利的同时，相当于对持有人的转换权利所能获得的最大价值予以了制约，持有人丧失了部分可能获得的潜在利益。因此赎回条款与转换条款之间是相互影响，相互制约的，如何在定价模型中较好的反映出这一特征对于分析可转换债券的最优策略至关重要（Bielecki 等（2009））。传统的可转换债券定价模型中一般采用线性互补和变分不等式来处理可转换债券转换条款和赎回条款的影响，对发行人与持有人之间的博弈互动特征反映有所不足。

Sirbu 和 Shreve(2006)、Bielecki 等（2008）以及 Beveridge 和 Joshi（2011）等均认为，债券发行人与持有人同时希望最大化自身利益的行为，将演变成为一个两人零和博弈（Two persons zero-sum game）问题，而期权博弈分析方法正是分析这一问题的较好选择。

期权博弈理论是在实物期权发展的基础上融入博弈论的分析框架演变而来，其将实物期权引入竞争环境下进行评估，平衡不确定性带来的期权价值和博弈产生的竞争优势进行比较，最终获得最佳结果均衡。

期权博弈理论通过将期权定价方法和博弈分析框架相结合的方式，为不确定条件和连续时间下的动态多人决策问题的求解开辟了新的道路。这一思路的优势在于，能够将收益函数的计算从决策的相互作用中剥离出来，从而可以分别采用期权定价方法和博弈论来处理这两个问题之后，再加以统一，因此大大的化简了原有的分析难度。

期权博弈理论目前仍属于一个新兴领域，在国内更多地是被应用于实物期权模型之中，如刘彦文和管玲芳(2009)、龚利等(2010)以及谭英双等(2011)，在金融期权定价模型中的应用尚不多见，缺乏较为系统性的理论研究。但随着研究的工作的逐渐深入，该方法在金融期权领域已开始得到愈来愈多的重视，近期的研究文献如 Yagi 和 Sawaki (2005)、Egami (2010) 等都取得了卓有成效的结果。

然而由于可转换债券价值的控制方程为非线性的高阶偏微分方程，如还需同时考虑其它因素的影响，求解难度较高，一般方法均难以驾驭，因此现有基于期权博弈方法分析可转换债券最优策略的文献目前罕有涉及同时考虑赎回公告期、赎回约束等因素影响，在实际应用中有一定的局限性。

因此，本章将在前人基础之上，将能够较更灵活地处理终端条件以及边界条件的有限元数值方法 (Markolefas, 2008) 与期权博弈分析体系相结合，求得考虑了多种复杂因素影响的控制方程数值解，并藉此尝试分析股票红利、债券利息、赎回公告期以及赎回约束等对于可转换债券价值和最优策略的影响。

2.2 定价模型的建立

2.2.1 模型控制方程

可转换债券的定价模型所采用的核心标的变量一般有两种，其一为基于 Merton 所提出的结构化模型之上的将可转换债券视作写在标的状态变量为公司市场价值上的衍生证券，此时可转换债券视为写在发行债券方的公司价值之上的期权，当公司价值低于债券总值时将视为发生违约。但采用公司资产价值作为标的变量的最大问题在于其并不是一个在市场有标准化交易的产品，所需的关键性参数均难以用准确的数学模型进行度量，因此该类模型存在一定的不足，且可操作性较差。由此，第

华中科技大学博士学位论文

二类方法提出了使用债券发行方的公司股票价格作为标的状态变量，该方法是目前可转换债券定价理论模型中的主流方法，本文也沿用了该种方法的思路。

在不考虑利率随机结构的情况下，可转债标的股票价格 S 服从指数布朗运动：

$$dS = (\mu - D)Sdt + \sigma Sdw \quad (2.1)$$

其中， μ 为期望收益率； D 为股票红利率； σ 为瞬时波动率； dw 为标准维纳过程的增量。债券价值 V 可由下述等式刻画：

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + (r - D)S \frac{\partial V}{\partial S} - rV = 0, \quad (S \in (0, S^*(t)], t \in [0, T]) \quad (2.2)$$

其中， $S^*(t)$ 代表债券被转换或赎回时标的股票价格，这一价格的确定实际上取决于债券博弈双方的最优策略路径。

国内的可转换债券赎回条款一般都包含有软赎回约束限制，因此还需要将软赎回约束纳入模型之中。从国内所发行的可转换债券条款上来看，软赎回约束一般都设定为当标的股票价格在连续的一段时间内持续高于预先设置的某一阈值 S_b 时，赎回权利方可被行使，这与巴黎期权的特征是一致的。因此，此时可转换债券内嵌期权将带有显著地巴黎期权特征。

引入变量 K 来描述巴黎期权与路径相关的特征：

$$K = t - \sup\{\tau < t \mid S(\tau) \leq S_b\} \quad (2.3)$$

K 值的运作机制可以简述为，当股票价格高于阈值时，变量 K 开始触发计数过程，当 K 值到达预先设定的上限时，即视为赎回权利可被触发，而如果在 K 值还未到达所设定的上限时，股票价格就已回落至阈值以下，那么 K 值将被清零，重新开始计数。

这样可转换债券的价值就取决于 3 个状态变量： S 、 t 和 K ，记为 $V = V(S, t, K)$ 。

当 $S \leq S_b$ 时，由于 $K = 0$ ，由 (2.2) 可知，此时的可转换债券价值服从以下的二维偏微分方程：

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + (r - D)S \frac{\partial V}{\partial S} - rV + c(t) = 0 \quad (2.4)$$
$$(S \in (0, S_b], t \in [0, T], K = 0)$$

其中 $c(t) = \sum_{i=1}^M c_i \delta(t-t_i)$, $\delta(\cdot)$ 为示性函数, t_i 和 c_i ($i=1,2,\dots,M$) 代表债券票息支付的时刻和数量。

当 $S \geq S_b$ 时, K 开始计数, 且 $dK = dt$ 。此时可转换债券的价值就取决于 S 、 t 和 K 之上, 控制方程 (2.4) 可转换为:

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial V}{\partial K} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + (r-D)S \frac{\partial V}{\partial S} - rV + c(t) = 0 \\ (S \in [S_b, +\infty), t \in [0, T], K \in [0, \bar{K}]) \end{aligned} \quad (2.5)$$

2.2.2 基于博弈期权理论建立边界条件

由可转换债券转换权利的定义以及一般性的分析框架易得终值条件为:

$$V(S, T) = \max\{n_c S, P + c_n\} \quad (2.6)$$

其中, n_c 为事先约定的债券转换成股票的比例, P 为可转换债券的面值, c_n 为最后一期的利息。

对于理性投资者来说, 其选择转换的目的是希望能最大化其自身利益, 因此在转换期 $[\psi_c, T_c]$ 内, 应满足条件:

$$V(S, t) \geq n_c S \quad t \in [\psi_c, T_c] \quad (2.7)$$

当可转换债券包含赎回条款时, 情况将进一步复杂化。在赎回期 $[\psi_{call}, T_{call}]$ 内, 债券发行人获得了赎回债券的权利。若此时赎回条款中设有赎回公告期, 则当发行人选择行使赎回权利时, 债券持有人原有的权利就将为之相应改变。在此期间, 持有人就将有两种选择, 一种是行使转换权利将所持有的债券变为股票, 另一种则是选择不行使转换权利, 而是等到赎回公告期后由发行公司进行赎回, 债券持有人获得赎回公告中约定的价格 V_c 。因此, 此时可视持有人持有有一个标的为公司股票, 距到期日时间为赎回公告期长度的美式衍生证券, 令其为 $V_{call}(S, t)$, 则有

$$V(S, t) \leq V_{call}(S, t) \quad t \in [\psi_{call}, T_{call}] \quad (2.8)$$

当赎回条款中包含软赎回约束时, $V(S, t)$ 有可能大于 $V_{call}(S, t)$ 。

不失一般性, 假定债券票息利息的支付方式为离散式, 则应有:

$$V(S, t_i^-) = V(S, t_i^+) + c_i \quad (2.9)$$

其中 t_i 为第 i 次利息的支付时刻。

由于可转换债券的边界问题实质上是典型的自由边界问题，这类问题的最大特点就是边界与问题的解相互关联且需同时确定，并且带有显著的非线性特征。传统的方法对于边界条件中债券关联方的博弈特征反映均有不足，因此本文采用博弈期权的方法来分析这一问题。

对于发行人来说，赎回权的存在是为了能使其最大化公司价值，而对于持有人来说，转换权利是用来最大化其所持有的可转债价值的。债券发行人赎回时机的选择不但受公司价值随机变化的影响，而且受债券持有者转换时机的影响，同样债券持有者转换时机的选择也受债券赎回时机的影响。因此赎回、转换时机的选择就可视为发行人和持有人之间的博弈问题。根据 Bielecki (2008) 的研究，当不考虑税收等其它条件影响时，博弈双方实质上是在进行一个两人零和博弈。具体过程可分解如下：

令 $S(t)$ 为股票在 t 时的价格，此时有两种可能即 $S(t) < S_{call}(t)$ 和 $S(t) \geq S_{call}(t)$ ，其中 $S_{call}(t)$ 为赎回条款中所规定的触发价格。

当 $S(t) < S_{call}(t)$ ，则债券持有人有两种选择，一种是继续持有，此时持有人的收益等于可转换债券的价值，记为 V_{hold} ，另一种选择时行使转换权利，则此时持有人的收益等于转换价值 $V_{conv} = n_c S(t)$ 。对于持有人来说，其决策的选择是为了最大化其所持有资产的价值，因此其策略将是 $\max\{V_{hold}, V_{conv}\}$ 。

当 $S(t) \geq S_{call}(t)$ ，此时债券的发行人将具有行使赎回条款的权利。在博弈过程的顺序上，由债券发行人首先选择，随后则是债券持有人。对于发行人来说，此时有两种选择。如果发行人选择不行使赎回权利，则此时将回到上面讨论的情形之中，即持有人的策略将是 $\max\{V_{hold}, V_{conv}\}$ 。但如果发行人行使赎回权，则情形将发生改变，此时发行人的决策将是最小化债券持有人所能获得的利益，因此其策略函数为 $\min\{V_{call}, \max\{V_{hold}, V_{conv}\}\}$ ，而可转换债券的价值就等于该博弈过程的 Nash 均衡解，即 $V(S, t) = \min\{V_{call}, \max\{V_{hold}, V_{conv}\}\}$ 。

采用传统的博弈分析方法一般难以求解上面的支付函数，但是期权博弈理论能较好的解决这一难题。

整个定价过程实际上可归纳为：首先分析当赎回权尚未激活时可转债价值的运

动规律，得到定价的控制方程，然后将情形拓展至赎回权被触发的情景，定价方程的边界条件将通过上面所分析的债券博弈双方的互动过程来获得，最后采用有限元方法获得定价方程的数值解。

2.3 有限元数值实现技术

由于有限元方法在处理复杂的边界条件时具有理论及应用上的优势，因此在可转换债券的定价研究中，有限元方法得到了广泛的应用。

下面将简要介绍通过有限元方法求解方程 (2.2) 的具体步骤。令 $z = \ln S$ ，对价值方程进行对数变换，方程可转换为：

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} + \left(r - D - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) \frac{\partial V}{\partial z} - rV = 0, \quad z \in (-\infty, +\infty), t \in [t_i, t_{i+1}] \quad (2.10)$$

方程 (2.10) 的有限元求解格式可写为：

$$\left(A + \frac{1}{2} \Delta t B^T \right) V_i^{n+1} = \left(A - \frac{1}{2} \Delta t B^T \right) V_i^n \quad (2.11)$$

其中， n 为时间步， i 为空间步。 $A \square \sum_{i=1}^N A^i$ ， $B \square \sum_{i=1}^N B^i$ ，

$$A^i = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & & & \\ \cdots & a_{i-1,i-1}^{e_i} & \cdots & a_{i-1,i}^{e_i} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \cdots & a_{i,i-1}^{e_i} & \cdots & a_{i,i}^{e_i} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}, \quad B^i = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & & & \\ \cdots & b_{i-1,i-1}^{e_i} & \cdots & b_{i-1,i}^{e_i} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \cdots & b_{i,i-1}^{e_i} & \cdots & b_{i,i}^{e_i} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

$$a_{i-1,i-1}^{e_i} = \frac{h_i}{3}, \quad a_{i-1,i}^{e_i} = \frac{h_i}{6}, \quad a_{i,i-1}^{e_i} = \frac{h_i}{6}, \quad a_{i,i}^{e_i} = \frac{h_i}{3}$$

$$b_{i-1,i-1}^{e_i} = -\frac{1}{2} \left(r - \delta - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) - \frac{1}{3} r h_i - \frac{1}{2 h_i} \sigma^2,$$

$$b_{i-1,i}^{e_i} = -\frac{1}{2} \left(r - \delta - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) - \frac{1}{6} r h_i + \frac{1}{2 h_i} \sigma^2$$

$$b_{i,i-1}^{e_i} = \frac{1}{2} \left(r - \delta - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) - \frac{1}{6} r h_i + \frac{1}{2 h_i} \sigma^2,$$

$$b_{i,i}^{e_i} = \frac{1}{2} \left(r - \delta - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) - \frac{1}{3} r h_i - \frac{1}{2 h_i} \sigma^2$$

华中科技大学博士学位论文

h_i 为第 i 个单元的宽度。采用投影超松弛算法 (Projected Successive Over-Relaxation Method, PSOR):

$$V_i^{n(k+1)} = \max \left(V_i^{n(k)} + \frac{\omega}{C_{ii}} \left(H_i^{n+1} - \sum_{j=1}^{i-1} C_{ij} V_j^{n(k+1)} - \sum_{j=i+1}^N C_{ij} V_j^{n(k)} \right), n_c S_i \right) \quad (2.13)$$

其中, k 为迭代次数, ω 为超松弛因子 (此处取 $\omega=1.5$), $C = \left(A - \frac{1}{2} B \Delta \right)^T$, $D = \left(A + \frac{1}{2} \Delta B^T \right)$, $H^n = D \times (V_1^n, V_2^n, \dots, V_N^n)^T$ 。终端条件和边界条件也要进行同样的处理。

当考虑赎回约束时, 则如前文所述, 控制方程变为方程 (2.5)。类似的, 可对其进行对数变换, 再采用 Galerkin 有限元离散格式, 得到:

$$A \frac{\partial V(t, K)}{\partial t} + A \frac{\partial V(t, K)}{\partial K} + B^T V(t, K) = 0 \quad (2.14)$$

其中, $V(t, K) = [V_0(t, K), V_1(t, K), \dots, V_I(t, K)]^T$ 表示节点 $z_i, i=0, \dots, I$ 上的值, A 和 B 分别是刚度矩阵和载荷矩阵, 且 $A = \sum_{i=1}^I A^i$, $B = \sum_{i=1}^I B^i$,

$$A^i = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & & & \\ \cdots & a_{i-1, i-1}^{e_i} & \cdots & a_{i-1, i}^{e_i} & \cdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \\ \cdots & a_{i, i-1}^{e_i} & \cdots & a_{i, i}^{e_i} & \cdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \end{bmatrix}, \quad B^i = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & & & \\ \cdots & b_{i-1, i-1}^{e_i} & \cdots & b_{i-1, i}^{e_i} & \cdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \\ \cdots & b_{i, i-1}^{e_i} & \cdots & b_{i, i}^{e_i} & \cdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

$$a_{i-1, i-1}^{e_i} = \frac{h_i}{3}, \quad a_{i-1, i}^{e_i} = \frac{h_i}{6}, \quad a_{i, i-1}^{e_i} = \frac{h_i}{6}, \quad a_{i, i}^{e_i} = \frac{h_i}{3}$$

$$b_{i-1, i-1}^{e_i} = -\frac{1}{2} \left(r - \delta - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) - \frac{1}{3} r h_i - \frac{1}{2 h_i} \sigma^2$$

$$b_{i-1, i}^{e_i} = -\frac{1}{2} \left(r - \delta - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) - \frac{1}{6} r h_i + \frac{1}{2 h_i} \sigma^2$$

$$b_{i, i-1}^{e_i} = \frac{1}{2} \left(r - \delta - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) - \frac{1}{6} r h_i + \frac{1}{2 h_i} \sigma^2$$

$$b_{i, i}^{e_i} = \frac{1}{2} \left(r - \delta - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) - \frac{1}{3} r h_i - \frac{1}{2 h_i} \sigma^2$$

华中科技大学博士学位论文

下面再对 $[0, T]$ 和 $[0, \bar{K}]$ 进行离散。因为 K 与 t 具有同步性，可令： $\Delta t = \Delta K = T/N$ ，把空间 $[0, T]$ 和 $[0, \bar{K}]$ 分别划分成 N, M 等份， $t_n = n\Delta t$ ， $K_m = m\Delta K$ ，采用以下的有限差分离散格式：

$$\frac{\partial V_i(t, K)}{\partial t} \approx \frac{V_{i,m}^{n+1} - V_{i,m}^n}{\Delta t}, \quad \frac{\partial V_i(t, K)}{\partial K} \approx \frac{V_{i,m+1}^{n+1} - V_{i,m}^{n+1}}{\Delta K}, \quad V_i(t, K) \approx \frac{1}{2}(V_{i,m}^n + V_{i,m+1}^n)$$

代入方程 (2.15)，整理得：

$$\left(A + \frac{1}{2} \Delta t B^T \right) V_{,m+1}^{n+1} = \left(A - \frac{1}{2} \Delta t B^T \right) V_{,m}^n \quad (2.16)$$

与式 (2.13) 的处理类似：

$$V_{i,m}^{n(k+1)} = \max \left(V_{i,m}^{n(k)} + \frac{\omega}{C_{ii}} \left(H_{,m}^{n+1} - \sum_{j=1}^{i-1} C_{ij} V_{j,m}^{n(k+1)} - \sum_{j=i+1}^N C_{ij} V_{j,m}^{n(k)} \right), n_c S_i \right) \quad (2.17)$$

其中， k 表示迭代次数， ω 为超松弛因子（此处同样取 $\omega = 1.5$ ）， $C = (A - 0.5 \Delta t B^T)$ ， $D = (A + 0.5 \Delta t B^T)$ ， $H_{,m}^n = D \times (V_{1,m}^n, V_{2,m}^n, \dots, V_{N,m}^n)^T$ 。

2.4 可转换债券最优策略分析

2.4.1 没有赎回条款下的最优策略分析

本节将对没有赎回条款时的最优策略展开分析。如表 2-1 所列，共分四种情形来讨论：

表 2-1 股票红利与债券利息的四种不同情形

(I) 股票不分红 可转换债券不支付利息	(II) 股票不分红 可转换债券支付利息
(III) 股票分红 可转换债券不支付利息	(IV) 股票分红 可转换债券支付利息

主要计算参数见表 2-2。

表 2-2 参数设置

面值 P	100 元
无风险利率 r	2.5%
年波动率 σ	0.25
年分红率 D	3%
期限 P_n	4 年
票面利率 c	(4%, 4%, 4%, 4%)
转股价格 S_c	100 元
转股比 n_c	1

下面具体分析可转换债券的利息支付与发行公司股票分红政策对于债券持有人最优策略的影响：

(1) 与美式看跌期权在不支付红利时的情况相类似，如果可转换债券发行公司的股票选择不发放红利时，那么持有人永远不可能选择在债券到期日之前进行转股。此时可转换债券价值可以拆分为一个欧式看涨期权和持有现金之和。在此情况下，债券支付利息会进一步降低持有人选择提前转股的可能。因此，在情形 (I) 和 (II) 下，持有人都将选择不提前转股。

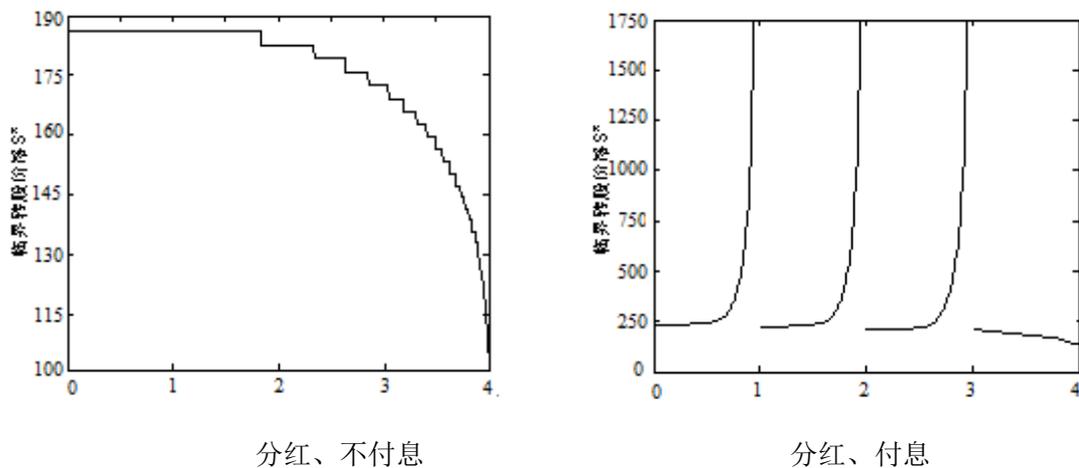


图 2-1 图解 (I) - (IV)

(2) 当债券发行公司股票发放红利时，此时分两种情况。第一种是当可转换债

券同样无利息支付，那么持有人的临界转股价格将随时间的流逝而逐渐降低。第二种情况是当可转换债券有利息支付时，此时需要注意的是，可转换债券的持有人绝不会选择在利息支付前一刻 (t_i^-) 转股。其原因在于股票价格的连续性，即 $S(t_i^-) = S(t_i^+)$ ，这就导致利息支付后转股所能获得的价值将大于在利息支付前转股所获得的： $n_c S(t_i^+) + c_i > n_c S(t_i^-)$ ，因此理性持有人不会选择在利息支付前转股。

2.4.2 存在赎回条款时的最优策略分析

从市场实际情况来看，市面上发行的绝大多数可转换债券都附加有赎回条款，因此分析赎回条款的存在对于可转换债券的研究来说是十分重要的。本节将分别讨论赎回条款中的各个主要细则对于债券发行人和持有者选择最优策略的影响。

(1) 赎回公告期

这一部分着重考察赎回条款中赎回公告期对于债券博弈双方的影响，因此假定赎回条款中不包括赎回约束限制，即债券发行人可以在债券存续期内任意时间、任意股票价格下选择赎回。具体的计算参数见表 2-3。

表 2-3 参数设置

面值 P	100 元
无风险利率 r	2.5%
年波动率 σ	0.25
年分红率 D	3%
期限 P_n	4 年
票面利率 c	(4%, 4%, 4%, 4%)
转股价格 S_c	100 元
转股比 n_c	1
赎回价格 V_c	为面值的 150%，即 150 元
赎回公告期 T_n	(0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100) 天

图 2-2 给出了具体的计算结果，可以明显发现以下几个特征：(1) 债券发行人临界赎回股票价格和债券持有人的临界转换股票价格与赎回公告期的长度呈正向关

系；(2) 当可转换债券距离到期日相对较远时，赎回公告期的长度对于债券发行人的临界赎回股票价格的影响较弱，但同时对于持有人的临界转股价格的影响则较强

(3) 当可转换债券接近到期日时，发行人的临界赎回股票价格将随之显著提高，但由于债券即将到期，内嵌的转换期权价值快速缩水，导致持有人的股票临界转换价格随之下降。

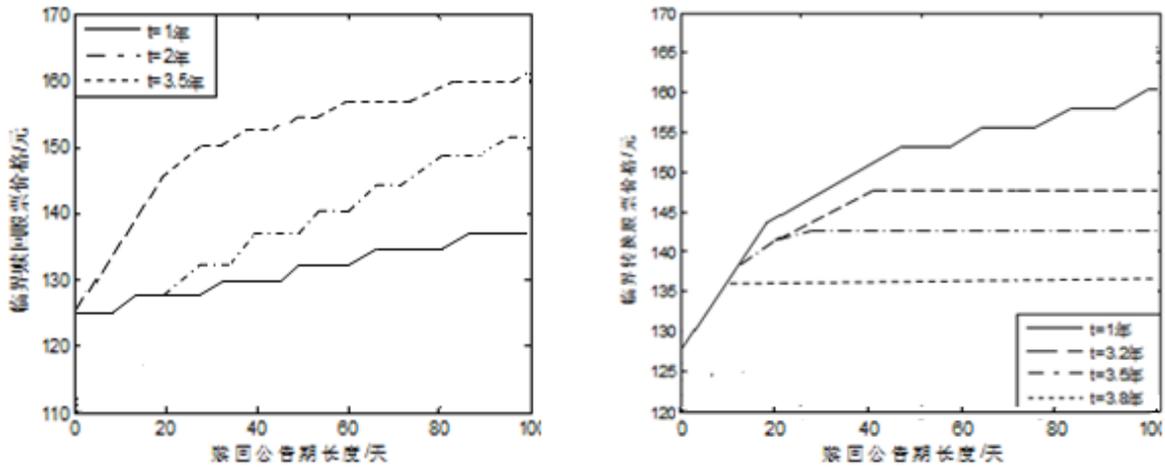
观察图 2-2c 还可以发现一个现象，在每一个票息支付日，临界赎回价格都会有一个向下的跳，这一现象产生的原因在于股票价格是连续的：因为 $S(t_i^-) = S(t_i^+)$ ，则 $V_{call}(S, t_i^-) = V_{call}(S, t_i^+) = V_{call}(S, t_i)$ 。

而同时由赎回定义可知， $V(S_{call}^-, t_i^-) = V_{call}(S, t) = V(S_{call}^+, t_i^+)$ 。再根据(2.6)式即得到 $V(S_{call}^-, t_i^-) = V(S_{call}^-, t_i^+) + c_i$ 。由于可转换债券价值随股票价格上升而增加，对于任意的 $c_i > 0$ ， $S_{call}^+ > S_{call}^-$ ，这就导致会在票息支付日出现一个跳，且程度取决于票息政策。

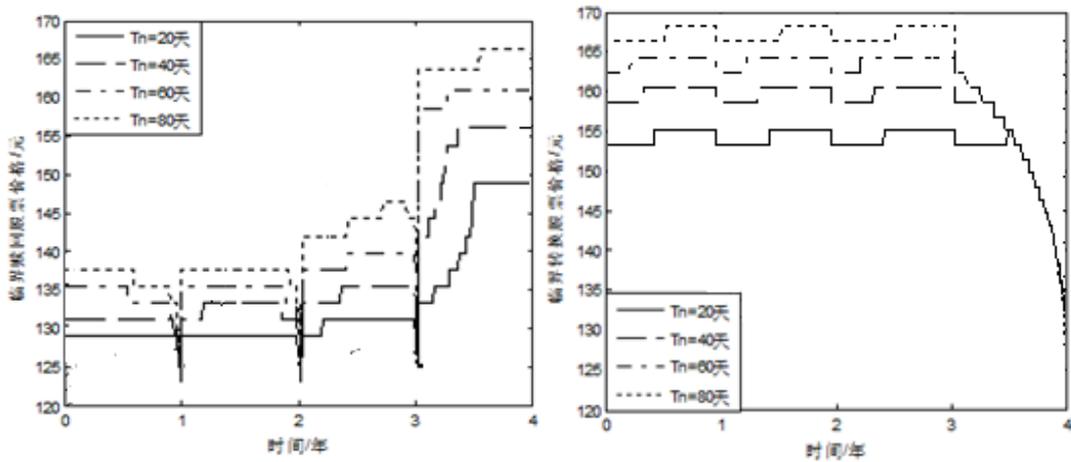
类似的，对于临界转换股票价格，同样会在付息日出现一个向下的跳，这一点在图 2-2d 中得到了验证，具体的推导过程这里不予赘述，其思路与上面的分析相类似。

比较图 2-1 和图 2-2c 可以看到，图 2-1 显示持有人绝不会选择在利息支付前一刻转股。但是图 2-2c 表明，当存在赎回条款时，如果持有人在股票价格上升到一定水平后仍迟迟没有选择转股，则发行人会行使赎回权来强迫持有者提前转股，从而最大化公司价值。

此外，观察图 2-2c 和图 2-2d 还可以看到，当赎回公告期长度 $T_n \neq 0$ 时，在最后一个付息期之前，持有人的临界转换股票价格均高于发行人的临界赎回股票价格，即在这个时期，发行人都有动机选择赎回债券从而迫使债券持有人提前转股。而在最后一个阶段，由于临界转股价格发生急剧下降，而临界赎回价格却在显著的上升，两者之间的关系发生了逆转，这就意味着出于保护自身利益的目的，债券持有人将会有动机在债券被宣告赎回前行使转股权利。



(a) 不同赎回公告期长度临界赎回股票价格变化图 (b)不同赎回公告期长度临界转股价格变化图



(c) 不同时刻临界赎回股票价格变化图 (d) 不同时刻临界转股价格变化图

图 2-2 赎回公告期对发行者和持有者最优策略的影响

(2) 赎回约束

赎回权整体上来说是为了保护发行者的权利，但为了避免发行人过度使用赎回条款，侵害债券持有人的利益，相当数量的可转换债券条款在赎回条款中均加入了赎回约束这一条件，这一点在中国的可转换债券市场上尤为明显。赎回约束一般分为两类，一种是规定发行公司只有债券发行一定时间之后才能进行赎回，通常称为硬赎回约束，而另一种则是规定发行公司只有当公司股价在满足了预先设定的条件之后才能触发赎回条款。这一部分将着重讨论这两种赎回约束对最优策略的影响。

首先假定硬赎回约束为可转换债券发行的前两年，即在可转换债券发行后的前

两年，债券发行人不能选择赎回债券。软赎回约束则参考国内债券相关条款设定，触发阈值设定为 130%。主要计算参数参见表 2-2。

图 2-3 表明，当赎回公告期时间较短时，一旦赎回条件被触发，赎回权将会被立即行使。而当公告时间跨度较大时，如果赎回条件出发是发生在距到期日较远的时候，则发行人也会立即选择赎回。但如果此时距到期日已较近，则临界赎回股票价格将出现一个显著上升现象，同时上升幅度与公告期长度成正比。产生这一现象的原因可能在于：首先是由于债券临近到期，随着内嵌期权价值的快速下降，临界转股价格相应降低，这就使得发行人缺乏动机来采用赎回条款迫使持有人转股。二是实证结果往往发现在赎回公告期内股票价格的波动会较大，因此赎回公告期越长，股票价格可能下降的概率就越高，因此强迫转股的目的相对难以达到。从这个角度上说，图 2-3 给出了市场上常常出现推迟赎回现象的部分原因。

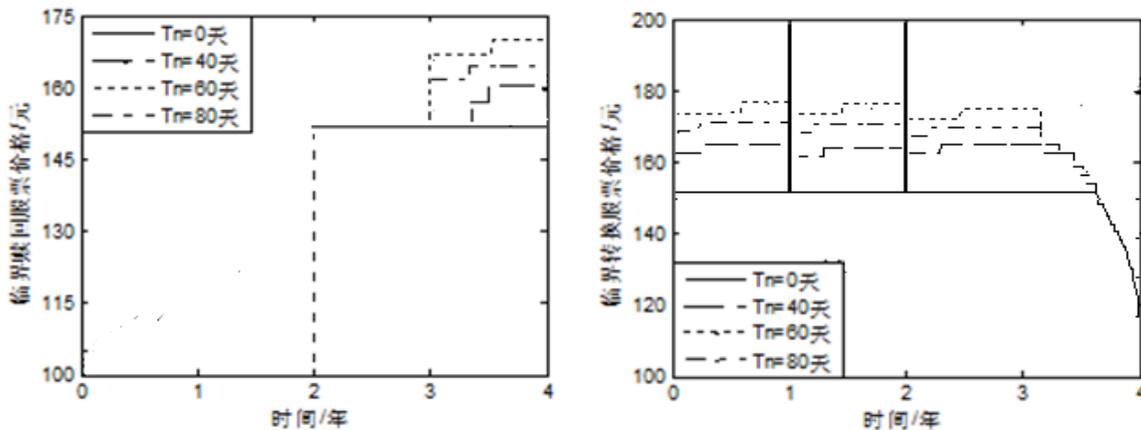


图 2-3 赎回约束对最优策略的影响

对比图 2-3 和图 2-2d 可以看到，赎回约束确实能在一定程度上保护持有人的利益。软赎回约束的影响更多的体现在赎回公告期较短的可转换债券之上，它能够有效防止债券发行人快速赎回的现象。当赎回公告期较长时，软赎回约束对持有人的临界转股价格影响相对较小。

(3) 可转换债券价值分析。前面的分析已经阐述了可转换债券赎回约束对于发行人最优策略的影响，由于最优策略的路径直接决定定价模型的边界条件，不同的边界条件必然会导致可转换债券价值的不同。图 2-4 分别给出了带有赎回条款但没有

软赎回约束、带有赎回条款且包含软赎回约束以及没有赎回条款这三种不同情形下的可转换债券价值，这三种情况实质代表了内嵌的三种不同期权类型：以色列式期权、巴黎期权以及标准的美式期权。计算参数同上。

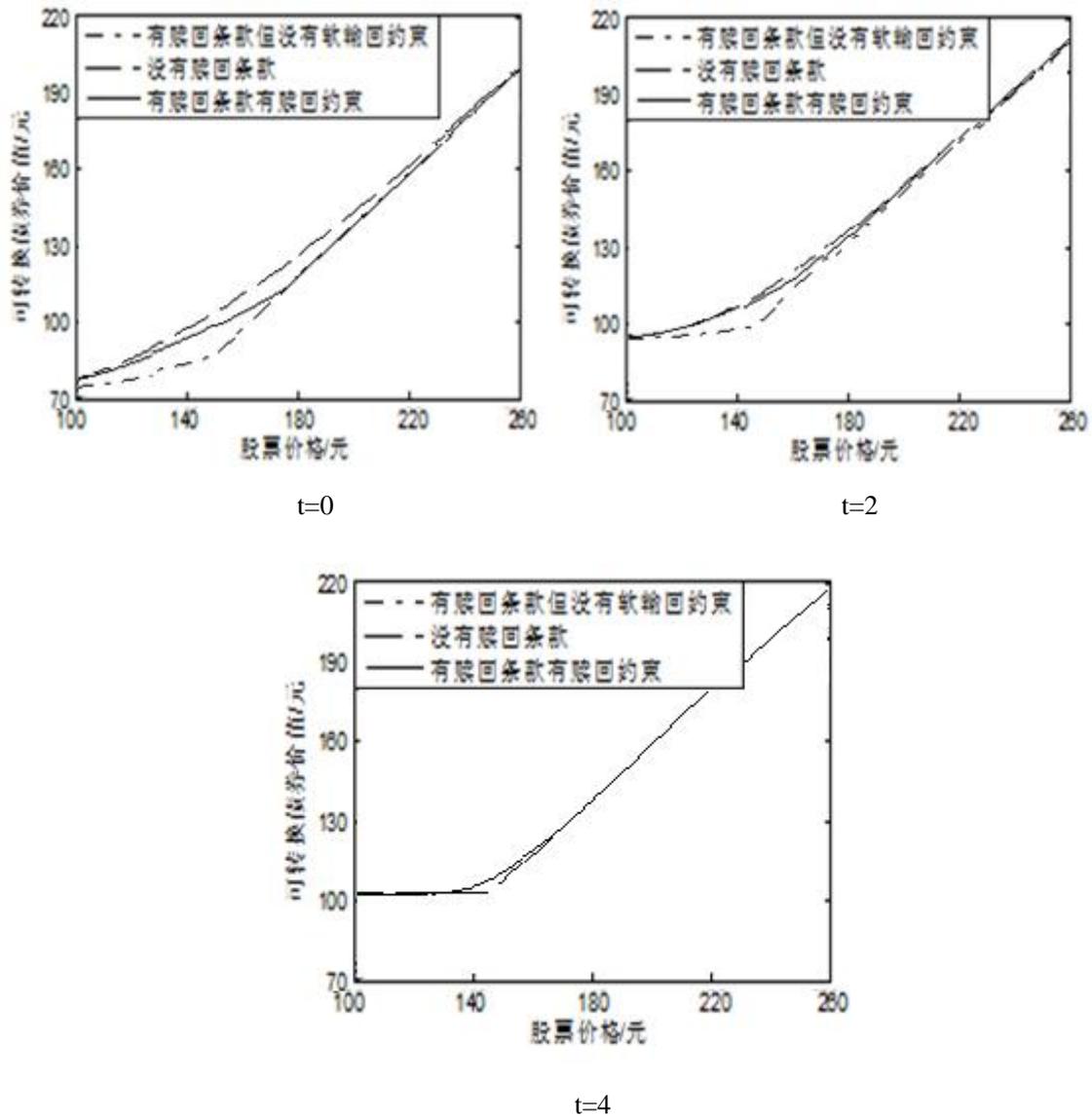


图 2-4 不同条款可转换债券在不同时刻的价值对比图

图 2-4 表明赎回条款的目的更多的体现在保护发行人的利益，因此其存在会对持有人的利益产生一定的负面影响，即可转换债券的价值会有所下降，但当债券临近到期日时，这一影响可以忽略，主要原因当到期日临近时，期权由于时间价值、转换价值均快速萎缩，导致其对转债价值影响的分量快速降低，不同赎回条件下的转

债趋于接近。同时只有当股票价格处于中间状态时，赎回条款对可转换债券的影响才较大，当股票价格处于深度价外时，赎回条款对于转债的影响不大。另外，软赎回约束会使得可转换债券价值有所增加，这主要是由于软赎回约束在某种程度上提高了债券发行人触发赎回条款的阈值，在一定意义上限制了赎回条款被滥用。从债券持有人角度来看，软赎回约束的存在使其按照最优策略转换债券的可能性得以增加，因此可转换债券的价值也相应有所提高。

综上，可转换债券的赎回条款以及赎回条款中的主要细则如赎回公告期、赎回约束等都会对可转换债券的价值以及最优策略产生重要影响，因此在研究可转换债券时确有必要将这些细节都纳入模型的考虑范围之内。

2.5 本章小结

可转换债券的最优策略分析一直是本领域研究的一个焦点问题。本章将期权博弈理论与传统的可转换债券定价模型相结合，通过剥离决策函数的计算与最优策略的互动分析，简化了问题的复杂程度，从而能够更充分的反应决策过程的博弈特性。

本章首先建立了基于期权博弈理论的可转换债券定价模型，并采用数值数值实现技术探讨了可转换债券各条款细节对于债券博弈双方最优策略路径选择所起到的作用。研究结果显示，股票红利发放政策、债券票息利率的设定都会直接影响到债券持有人选择债转股的时机，尤其是当债券票息支付为离散型时，理性的债券持有人绝不会在票息支付前一刻行使转换权利。在赎回条款细则上，赎回公告期的长度、距离到期日的时间乃至赎回约束等都会反映在博弈双方的最优策略抉择上。总体来说，赎回公告期以及赎回约束都是为了保护债券持有人利益而存在的，其作用主要体现在约束债券发行人过度行使其赎回权利之上，也就是说这两个条款能够减少债券发行人过早赎回所发行债券的现象。因此，赎回公告期、赎回约束都起到了推迟发行人赎回的作用，同时赎回公告期越长，推迟赎回的程度越高，这一点在赎回动机是强迫债券持有人转股时表现更为明显。同时，距离到期日时间的不同对于赎回公告期所能起到的推迟赎回作用的程度也有显著的影响。

3 期权博弈下可转换债券赎回策略实证研究

第二章将博弈期权分析与可转换债券定价模型相结合，并通过采用适当的有限元方法，推导出了定价模型的数值解法。本章将以国内市场为样本，检验所提模型的有效性，实际测算国内可转换债券市场的赎回溢价以及推迟赎回程度，考察赎回条款各细则对于这两项指标的影响程度，并与海外成熟市场的结果进行比较，探讨不同市场之间所存在差异的内在原因，以期能更好地把握国内可转换债券现阶段的特点，为转债市场未来进一步的发展与繁荣提供帮助。

3.1 问题的提出

如何选择最优赎回时机实施赎回策略，对于公司可转债融资决策来说相当重要，因此在海外，关于可转换债券赎回策略的实证研究一直是一个备受瞩目的热门问题。大量的实证研究成果与理论模型的结果形成鲜明对比，市场上的可转换债券通常都要在远高于理论模型所预测的价格之上方进行赎回，即“推迟赎回”现象。为解释这一现象，不少假说被先后提出，但是后续的实证研究结果却表明这些理论的解释效力并不理想。因此，Bühler 和 Koziol (2004)与 Yigitbasioglu 和 Alexander (2005) 以及 King 和 Mauer(2012)等均提出，“推迟赎回”现象的原因可能并不是由于市场价格过高了，而是理论模型结果“过低了”。Altintig 和 Butler (2005) 对美国市场进行的实证检验表明，当充分考虑了赎回公告期等因素的影响后，赎回溢价将显著下降到平均中位数为不到 4%的水平上，大大低于不考虑这些因素时所得到的溢价程度，并且这一结果在控制了包括流动性等其它因子后仍然是稳健的。据此，他们认为可转换债券市场上实际上并不存在所谓的“推迟赎回”现象。与之类似的工作包括 Dai 和 Kwok (2006)，Ekkayokkaya 和 Gemmill (2010) 采用不同的数据样本也获得了类似的结论。

尽管国外已经有大量关于可转换债券赎回策略的实证研究成果，但是由于我国可转换债券市场起步较晚，可用于研究的数据一直相对较少，目前该领域系统性的研究成果相对于理论模型研究来说仍较为匮乏。同时，由于国外可转换债券与国内

情况有相当程度的不同，如国外可转换债券一般都没有在我国可转换债券条款中普遍存在的软赎回约束等，因此国外相关研究的成果在多大程度上适用于国内的可转换债券市场也值得进一步探讨。

随着 2006 年至 2011 年可转换债券市场赎回样本的快速增加，研究国内相关问题的客观条件已得到显著改善，因此本章将以国内市场已发生赎回的可转换债券为样本，结合上一章的理论模型，通过实证研究尝试回答下述几个问题：

(1) 对于中国的可转换债券，赎回公告期是否能够在一定程度上解释推迟赎回这一异象，如果能，那么程度有多大？

(2) 在考虑了赎回公告、软赎回约束以及应计利息等条件后的国内可转换债券赎回溢价为多少，与国外市场相比，差异程度有多大，其可能的原因为何？

3.2 样本描述

自我国第一只可转换债券—宝安转债 1993 年上市交易以来，先后共有 89 只可转换债券得以发行。目前在市场上交易的可转换债券共有 20 只，其中在上海证交所上市的有 14 只，在深圳证交所上市交易的有 6 只。根据整理从上证交易所和深证交易所历年公告中所得到的信息，截至 2012 年 3 月，在所有已发行的 89 只可转换债券中，可供本章研究的样本数一共有 51 只，其中值得注意的是，金鹰转债与铜都转债各发生过两次赎回条款被触发事件，在首次触发时选择了放弃行使赎回权，在第二次被触发时行使了赎回权，而民生转债与桂冠转债也在其赎回条款被触发时选择了放弃。

本章所需的可转换债券相关数据如转债发行规模、转换价格以及赎回价格等，以及债券发行公司的股票价格和部分财务数据均通过查询 Wind 数据库资料以及查阅上证交易所与深证交易所历年发布的公告信息获得。表 3-1 列出了本章所要研究的样本基本资料。

华中科技大学博士学位论文

表 3-1 可转换债券基本资料

转债名称	交易代码	发行额（亿元）	期限（年）	上市日期	退市日期
125629.SZ	钢钒转债	16	5	2003-2-17	2004-4-14
125002.SZ	万科转债	15	5	2002-6-28	2004-4-30
100009.SH	机场转债	13.5	5	2000-3-16	2004-5-14
125069.SZ	侨城转债	4	3	2004-1-16	2005-4-29
125930.SZ	丰原转债	5	5	2003-5-20	2006-3-24
126002.SZ	万科转 2	19.9	5	2004-10-18	2006-4-14
125630.SZ	铜都转债	7.6	5	2003-6-4	2006-7-11
110418.SH	江淮转债	8.8	5	2004-4-29	2006-7-18
100196.SH	复星转债	9.5	5	2003-11-17	2006-7-24
125936.SZ	华西转债	4	5	2003-9-16	2006-8-21
110219.SH	南山转债	8.83	5	2004-11-3	2006-8-24
126301.SZ	丝绸转 2	8	5	2002-9-24	2006-9-18
100567.SH	山鹰转债	2.5	5	2003-7-1	2007-2-13
110001.SH	邯钢转债	20	5	2003-12-11	2007-3-16
110317.SH	营港转债	7	5	2004-6-3	2007-4-6
100087.SH	水运转债	3.2	5	2002-8-28	2007-4-11
110325.SH	华发转债	4.3	5	2006-8-11	2007-4-13
110423.SH	柳化转债	3.07	5	2006-8-10	2007-4-13
125959.SZ	首钢转债	20	5	2003-12-31	2007-4-13
100795.SH	国电转债	20	5	2003-8-1	2007-4-30
125488.SZ	晨鸣转债	20	5	2004-9-30	2007-5-21
125024.SZ	招商转债	15.1	5	2006-9-11	2007-5-31
100726.SH	华电转债	8	5	2003-6-18	2007-6-5
125932.SZ	华菱转债	20	5	2004-8-3	2007-6-8
100117.SH	西钢转债	4.9	5	2003-8-26	2007-6-14
110488.SH	天药转债	3.9	6	2006-11-10	2007-7-4
110021.SH	上电转债	10	5	2006-12-19	2007-8-27
110874.SH	创业转债	12	5	2004-7-19	2007-9-7
125717.SZ	韶钢转债	15.38	5	2007-3-2	2007-10-16
110398.SH	凯诺转债	4.3	5	2006-8-30	2007-10-26
125822.SZ	海化转债	10	5	2004-9-23	2008-2-26

华中科技大学博士学位论文

续表 3-1 可转换债券基本资料

125937.SZ	金牛转债	7	5	2004-8-26	2008-3-18
110026.SH	中海转债	20	5	2007-7-12	2008-4-9
110232.SH	金鹰转债	3.2	4	2006-12-6	2009-5-19
110227.SH	赤化转债	4.5	5	2007-10-23	2009-6-2
125572.SZ	海马转债	8.2	5	2008-1-30	2009-6-9
125528.SZ	柳工转债	8	6	2008-5-6	2009-6-30
110368.SH	五洲转债	5.4	5	2008-3-14	2009-7-8
128031.SZ	巨轮转债	2	5	2007-1-19	2009-9-7
110002.SH	南山转债 2	28	5	2008-5-13	2009-9-24
110971.SH	恒源转债	4	5	2007-10-12	2009-12-25
110567.SH	山鹰转债 2	4.7	5	2007-9-17	2010-2-5
110598.SH	大荒转债	15	5	2007-12-28	2010-3-12
110006.SH	龙盛转债	12.5	5	2009-9-25	2010-5-12
110005.SH	西洋转债	2.65	5	2009-9-21	2010-5-19
125969.SZ	安泰转债	7.5	6	2009-10-12	2010-6-23
110004.SH	厦工转债	6	5	2009-9-11	2010-9-30
110008.SH	王府转债	8.21	6	2009-10-30	2010-11-5
125960.SZ	锡业转债	6.5	5	2007-5-29	2010-12-14
126630.SZ	铜陵转债	20	6	2010-8-6	2011-4-1
128233.SZ	塔牌转债	6.3	5	2010-9-16	2011-6-9
100016.SH	民生转债 _N	40	5	2003-3-18	2008-2-26
100236.SH	桂冠转债 _N	8	5	2003-7-15	2008-7-04

附注：转债名称下标注 N 代表赎回条款被触发但发行方选择放弃赎回权利

表 3-2 给出了可转换债券赎回事件发生的年份和实际存续期的分布情况。可以看到，可转换债券的赎回集中发生在 2010、2009、2007 年和 2006 年，其中值得注意的是，仅在 2007 年就一共发生了 18 次赎回，远高于其它年份，且在这一年里发生赎回的样本具有一个鲜明的特点，那就是样本的存续期普遍不长，有多达 1/3 的样本是在发行后不到一年里就进行了赎回。如果考虑到国内可转换债券一般均不允许转债发行不满 6 个月就进行转股或赎回，快速赎回这一现象将表现的更为明显。之所以会在这 4 年里出现大规模的可转换债券赎回浪潮与标的股票市场的走势是密切相

华中科技大学博士学位论文

关的。众所周知，中国的股票市场走势表现出极强的周期性，波峰波谷交替极为明显。在转摘赎回潮发生的这四年里，均是国内股票市场处在大牛市的行情之中，尤其是 2007 年更是触及了 6124 这一历史高点，因此在这一阶段，大部分可转换债券发行公司的股票均处在快速上升的通道之中。而另一方面，在这一阶段之前，中国股市往往又都是处于极低迷的熊市之中，相当数量的可转换债券在此时都对转股价格做出了调整以图提高所发行债券对市场投资者的吸引力。因此当市场转好时，股票价格一经上涨就迅速触发了赎回条款，2007 年的数据就集中体现了这一点。

表 3-2 历年赎回的可转换债券统计表

年份 期限	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	总计
1 年以内				6	1		3	2	12
1 至 2 年	2	1	2	1		5	2		13
2 至 3 年			4	3		4	1		12
3 至 4 年	1		2	7	2		1		13
4 至 5 年				1					1
合计	3	1	8	18	3	9	7	2	51

3.3 模型参数估计

在上一章模型所列出的计算参数中，债券标的股票价格的波动率的测算对整个模型计算结果具有较强的影响。价格波动率的变化将显著影响可转换债券的价值，并进而改变最优策略路径的选择。因此采用何种方法合理地测算股票价格波动率对于可转换债券的相关研究来说是必需首要解决的问题之一。本节采用 GARCH(1,1) 模型来估计可转换债券标的股票的波动率，主要因为 GARCH 模型能够较好的解决股票收益序列的异方差性和波动率的聚集性问题。

由 GARCH(1,1)可知，股票收益的条件均值以及方差可由下列等式刻画：

$$r_t = \mu + \varepsilon_t \quad (3.1)$$

$$\varepsilon_t = z_t \sigma_t \quad z_t \square N(0,1) \quad (3.2)$$

$$\sigma_t^2 = \varpi + \alpha \sigma_{t-1}^2 + \beta \varepsilon_{t-1}^2 \quad (3.3)$$

华中科技大学博士学位论文

采用极大似然估计测算 (3.1) — (3.3) 式中的参数 $\mu, \omega, \alpha, \beta$, GARCH 模型的一大特点是它能够在任意参数设定下对任意期限下的波动率进行良好的模拟。令步长为 j , 再代入利用极大似然估计所测得的模型参数, 即可计算 r_{t+j} 和 σ_{t+j} 。由此可以得到

$$\hat{\sigma}_{t+j}^2 = \hat{\omega} + (\hat{\alpha} + \hat{\beta})\hat{\sigma}_{t+j-1}^2 \quad (3.4)$$

对 (3.4) 式进行迭代即可获得 σ_{t+j} 。令 $r_{t,n}$ 为 t 时刻之后 n 期的收益, 则有

$$r_{t,n} = \sum_j^n r_{t+j} \quad (3.5)$$

(3.5) 式的等式两侧同时取方差, 即可得到 $r_{t,n}$ 的波动率为:

$$\text{Var}_t(r_{t,n}) = \sum_{i=1}^n \text{Var}_t(r_{t+i}) + \sum_i \sum_i \text{Cov}_t(r_{t+i}, r_{t+j}) \quad (3.6)$$

(3.6) 式中协方差的数值一般要远小于方差值, 因此在实际操作中, 为简便起见, 常用的做法是省略协方差项。在得到了股票日均收益的波动率后, 即可利用 (3.6) 相应地来估算年波动率, 为方便计算且不失一般性地, 每只股票假定一年共有 240 个交易日, 样本的估计区间从公告发布前一年开始截取。计算结果见下表。

表 3-3 波动率计算结果一览

转债名称	股票名称	$\hat{\mu}$	$\hat{\omega}$	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	$\hat{\sigma}$
钢钒转债	攀钢钒钛	5.61e-004	1.33e-005	0.8558	0.1115	0.3105
万科转债	万科 A	-2.01e-004	2.67e-005	0.7283	0.2717	0.2874
机场转债	上海机场	-1.29e-004	6.24e-004	0.2631	0.0043	0.5924
侨城转债	华侨城 A	1.2 0e-003	3.47e-004	0.5008	0.2274	0.2977
丰原转债	中粮生化	-7.51e-005	4.12e-006	0.5874	0.0071	0.6602
万科转 2	万科 A	1.2 6e-003	7.60e-004	0.3054	0.0011	0.5123
铜都转债	铜陵有色	-3.1 e-003	8.15e-004	0.0071	0.8900	0.6384
江淮转债	江淮汽车	2.2 6e-003	3.06e-004	0.6266	0.1158	0.5158
复星转债	复星医药	-3.2 e-003	4.04e-004	0.1363	0.8637	0.5455
华西转债	华西股份	1.98e-004	1.87e-005	0.8913	0.0791	0.3722
南山转债	南山铝业	4.20e-003	5.93e-004	0.0206	0.7587	0.5151

华中科技大学博士学位论文

续表 3-3 波动率计算结果一览

丝绸转债 2	东方市场	3.00e-003	4.94e-005	0.7143	0.2347	0.3936
山鹰转债	山鹰纸业	-3.40e-004	2.96e-005	0.7928	0.2072	0.4155
邯钢转债	邯郸钢铁	1.50e-003	1.11e-004	0.7515	0.1571	0.4969
营港转债	营口港	2.30e-003	2.00e-005	0.8897	0.0883	0.3972
水运转债	*ST 长油	2.28e-003	2.21e-005	0.8828	0.0996	0.4475
华发转债	华发股份	4.80e-003	3.50e-005	0.9337	0.0450	0.5758
柳化转债	柳化股份	3.10e-003	2.41e-005	0.9043	0.0796	0.5058
首钢转债	首钢股份	1.70e-003	5.29e-005	0.8379	0.1139	0.4557
国电转债	国电电力	3.00e-003	1.31e-004	0.6098	0.3902	0.5573
晨鸣转债	晨鸣纸业	2.80e-003	2.07e-005	0.9155	0.0647	0.4780
招商转债	招商地产	5.20e-003	1.18e-004	0.8067	0.1126	0.5738
华电转债	华电能源	1.50e-003	5.18e-006	0.8506	0.1494	0.3619
华菱转债	华菱钢铁	3.60e-003	4.28e-004	0.4397	0.2087	0.5104
西钢转债	西宁特钢	4.90e-003	8.71e-004	0.0001	0.9887	0.6835
天药转债	天药股份	2.90e-003	6.18e-005	0.7811	0.2189	0.5231
上电转债	上海电力	1.70e-003	6.83e-006	0.9103	0.0897	0.4206
创业转债	创业环保	4.10e-003	3.81e-005	0.8965	0.0781	0.5692
韶钢转债	韶钢松山	5.40e-003	2.25e-004	0.8298	0.0600	0.6908
凯诺转债	凯诺科技	7.50e-003	7.24e-004	0.1470	0.2756	0.5166
海化转债	山东海化	1.51e-003	2.47e-005	0.2109	0.1654	0.2310
金牛转债	冀中能源	4.51e-004	5.12e-005	0.3145	0.0101	0.4602
中海转债	中海发展	1.25e-005	6.60e-006	0.2147	0.0189	0.3723
金鹰转债	金鹰股份	2.12 e-005	4.15e-006	0.2171	0.6200	0.5614
赤化转债	赤天化	-2.26e-005	1.76e-006	0.5146	0.1208	0.4674
海马转债	海马汽车	-3.19 e-004	3.02e-005	0.1623	0.7637	0.4585
柳工转债	柳工	2.18e-005	1.67e-006	0.5092	0.0604	0.4022
五洲转债	五洲交通	4.57e-003	5.19e-004	0.0382	0.6104	0.4012
巨轮转债	巨轮股份	2.62e-004	3.81e-006	0.6203	0.1587	0.2016
南山转债 2	南山铝业	2.11e-003	3.01e-005	0.5492	0.2512	0.3231
恒源转债	恒源煤电	-1.40e-004	1.21e-005	0.6115	0.1121	0.5049

华中科技大学博士学位论文

续表 3-3 波动率计算结果一览

山鹰转债 2	山鹰纸业	2.04 0e-004	1.59e-005	0.5008	0.2274	0.2977
大荒转债	北大荒	-7.51e-005	4.12e-006	0.5674	0.0171	0.6002
龙盛转债	浙江龙盛	1.2 6e-003	7.60e-004	0.3154	0.0011	0.5123
西洋转债	大西洋	2.50e-003	2.71e-005	0.8043	0.0412	0.3129
安泰转债	安泰科技	2.10e-003	6.89e-005	0.9071	0.1528	0.5102
厦工转债	厦工股份	-2.60e-003	2.01e-004	0.5898	0.3109	0.4653
王府转债	王府井	5.10e-004	4.27e-005	0.6021	0.0332	0.3178
锡业转债	锡业股份	2.21e-003	1.01e-004	0.7197	0.1406	0.4832
铜陵转债 2	铜陵有色	4.50e-004	7.19e-004	0.0194	0.8127	0.5950
塔牌转债	塔牌集团	1.62e-003	2.49e-005	0.5314	0.1078	0.3512
铜都转债 _N	铜陵有色	6.36e-004	5.17e-004	0.0000	0.7062	0.4779
民生转债 _N	民生银行	-9.44e-005	6.42e-005	0.7220	0.1686	0.3597
金鹰转债 _N	金鹰股份	3.60e-003	1.10e003	0.0001	0.1641	0.5665
桂冠转债 _N	桂冠电力	3.70e-003	5.22e-005	0.8988	0.0520	0.4957

在模型计算中，其它比较重要的参数大多都与可转换债券以及债券发行公司标的股票有关，如红利的发放政策、可转换债券各附加条款的设定等，具体的数据可从 Wind 数据库中的可转换债券条款细则以及公司历年年报中查阅获得。表 3-4 为红利及应计利息一览表。

表 3-4 分红率及利息一览表

转债名称	代码	股票名称	D	应计利息
钢钒转债	125629.SZ	攀钢钒钛	0.0241	0.37
万科转 1	125002.SZ	万科 A	0.0248	1.29
机场转债	100009.SH	上海机场	0.0185	0.12
侨城转债	125069.SZ	华侨城 A	0.0224	0.56
丰原转债	125930.SZ	中粮生化	0.0183	1.95
万科转 2	126002.SZ	万科 A	0.0330	0.73
铜都转债	125630.SZ	铜陵有色	0.0160	0.13
江淮转债	110418.SH	江淮汽车	0.0428	0.42

华中科技大学博士学位论文

续表 3-4 分红率及利息一览表

复星转债	100196.SH	复星医药	0.0299	1.41
华西转债	125936.SZ	华西股份	0.0276	1.91
南山转债	110219.SH	南山铝业	0.0202	1.46
丝绸转 2	126301.SZ	东方市场	0.0190	0.01
山鹰转债	100567.SH	山鹰纸业	0.0369	1.58
邯钢转债	110001.SH	邯郸钢铁	0.0274	0.64
营港转债	110317.SH	营口港	0.0038	2.04
水运转债	100087.SH	*ST 长油	0.0345	0.51
华发转债	110325.SH	华发股份	0.0117	0.89
柳化转债	110423.SH	柳化股份	0.0119	1.02
首钢转债	125959.SZ	首钢股份	0.1035	0.46
国电转债	100795.SH	国电电力	0.0125	1.38
晨鸣转债	125488.SZ	晨鸣纸业	0.0246	1.35
招商转债	125024.SZ	招商地产	0.0107	0.73
华电转债	100726.SH	华电能源	0.0121	1.42
华菱转债	125932.SZ	华菱钢铁	0.0254	1.75
西钢转债	100117.SH	西宁特钢	0.0146	1.74
天药转债	110488.SH	天药股份	0.0110	0.93
上电转债	110021.SH	上海电力	0.0464	1.54
创业转债	110874.SH	创业环保	0.0108	0.51
韶钢转债	125717.SZ	韶钢松山	0.0170	1.21
凯诺转债	110398.SH	凯诺科技	0.0203	0.81
海化转债	125822.SZ	山东海化	0.0077	1.08
金牛转债	125937.SZ	冀中能源	0.0210	1.17
中海转债	110026.SH	中海发展	0.0128	0.67
金鹰转债	110232.SH	金鹰股份	0.0179	1.22
赤化转债	110227.SH	赤天化	0.0082	1.04
海马转债	125572.SZ	海马汽车	0.0241	1.65
柳工转债	125528.SZ	柳工	0.0137	0.92
五洲转债	110368.SH	五洲交通	0.0146	1.07

华中科技大学博士学位论文

续表 3-4 分红率及利息一览表

巨轮转债	128031.SZ	巨轮股份	0.0251	0.48
南山转债 2	110002.SH	南山铝业	0.0149	1.32
恒源转债	110971.SH	恒源煤电	0.0078	1.47
山鹰转债 2	110567.SH	山鹰纸业	0.0282	1.27
大荒转债	110598.SH	北大荒	0.0158	0.86
龙盛转债	110006.SH	浙江龙盛	0.0206	0.59
西洋转债	110005.SH	大西洋	0.0084	1.34
安泰转债	125969.SZ	安泰科技	0.0125	0.91
厦工转债	110004.SH	厦工股份	0.0209	1.29
王府转债	110008.SH	王府井	0.0164	1.48
锡业转债	125960.SZ	锡业股份	0.0139	0.96
铜陵转债	126630.SZ	铜陵有色	0.0091	1.23
塔牌转债	128233.SZ	塔牌集团	0.0158	1.51
铜都转债 _N	125630.SZ	铜陵有色	0.0140	
民生转债 _N	100016.SH	民生银行	0.0061	
金鹰转债 _N	110232.SH	金鹰股份	0.0189	
桂冠转债 _N	100236.SH	桂冠电力	0.0217	

3.4 结果分析

表 3-5 给出了主要的计算结果。按照传统理论模型所预测的，一旦可转换债券的转换价值触及了赎回价格，对于债券发行人来说，最优的选择就应当是立即行使赎回权利，此时应有 $S_N^* = \frac{V_c}{n_c}$ 。由第二章的讨论中可以知道，赎回条款本身是对债券持有人行使转换权利的一种限制，它的存在抑制了债券持有人最大化自身利益。而为了保护持有人的利益，避免赎回权利被发行人滥用，在赎回条款中往往附加了赎回公告期以及赎回约束等条件，而这些限制实际上都是对债券持有人行使转换权利的一种保护，因此它们都将会导致可转换债券价值获得增加，也由此应该会对债券博弈双方选取最优策略路径产生深刻影响。从表 3-5 的计算结果可以看到，上述的推论与市场实际结果是相吻合的： S_Y^* 比 S_N^* 平均高出 25.79%，这就意味着，当可转换

华中科技大学博士学位论文

债券的赎回条款中包含赎回公告期时，选用传统的模型计算赎回结果将必然导致实证检验发现较高的赎回溢价。尤其是当发行人选择赎回的动机是迫使持有人转股时，为了确保目的能尽可能实现，这一程度将会更为显著。表 3-5 的结果很好的说明了赎回公告期对于可转换债券的影响，也充分验证了第二章所提模型的有效性。

另外，Altintig 和 Butler (2005) 的理论模型选择的是 Butler (2002) 所提出来的，由于国外可转换债券与国内情形有所不同，这一模型并没有考虑软赎回约束的影响，而仅仅是考虑了赎回公告期。但是在国内，由于股票市场的波动过大，现已发行的可转换债券大多都带有这一条款，而根据第 2 章的分析，软赎回约束的存在必须要纳入可转换债券研究当中。所以，与 Altintig 和 Butler (2005) 不同，本文也实际测算了软赎回约束的作用，以检验前文所得结论的有效性。

表 3-5 主要计算结果一览

转债名称	临界转换 股票价格 S_{conv}^*	临界赎回股票价格		首次赎回 公告日的 股票价格 S_1	S_{call}^*/S_c	S_1/S_c	S_1/S_{ca}	赎回溢 价 1 ^a	赎回溢 价 2 ^b
		不考虑赎 回公告期 S_N^*	考虑赎回 公告期 S_Y^*						
钢钒转债	7.59	5.92	7.33	7.55	1.3	1.34	1.31	0.04	0.01
机场转债	10.91	7.7	10	10.48	1.3	1.36	1.36	0.06	0.06
万科转 1	9.52	5.94	7.61	8.1	1.3	1.38	1.31	0.08	0.01
侨城转债	8	6.26	8	9.22	1.3	1.5	1.46	0.2	0.16
丰原转债	4.36	2.52	3.12	4.17	1.3	1.74	1.34	0.44	0.04
万科转 2	5.2	3.6	4.62	5.62	1.3	1.58	1.51	0.28	0.21
江淮转债	5.63	3.56	4.55	5.63	1.3	1.61	1.55	0.31	0.25
铜都转债 _Y	6.92	4.51	5.79	6.6	1.3	1.48	1.47	0.18	0.17
南山转债	6.01	4.33	5.36	5.37	1.3	1.3	1.18	0	-0.12
复星转债	6.04	5.13	6.04	6.56	1.2	1.3	1.19	0.1	-0.01
华西转债	4.04	2.84	3.51	4.08	1.3	1.51	1.22	0.21	-0.08
丝绸转 2	4.41	3.05	3.9	4.29	1.3	1.43	1.43	0.13	0.13
山鹰转债	3.98	2.58	3.2	3.47	1.3	1.41	1.11	0.11	-0.19
邯钢转债	4.74	3.44	4.37	5.15	1.3	1.51	1.43	0.23	0.13
营港转债	10.88	7.34	9.09	11.17	1.3	1.6	1.43	0.3	0.13

华中科技大学博士学位论文

续表 3-5 主要计算结果一览

水运转债	7.41	5.46	7.03	9.26	1.3	1.71	1.69	0.41	0.39
华发转债	12.07	7.91	9.98	17.85	1.3	2.32	2.27	1.02	0.97
柳化转债	12.82	10.16	12.82	15.09	1.3	1.51	1.49	0.23	0.19
首钢转债	5.16	3.12	4.16	5.01	1.4	1.69	1.62	0.29	0.22
国电转债	10.64	6.85	8.57	10.23	1.3	1.55	1.46	0.25	0.16
晨鸣转债	7.7	5.78	7.7	10.2	1.4	1.85	1.71	0.45	0.31
招商转债	20.97	13.48	17.02	37.86	1.3	2.89	2.87	1.59	1.57
华菱转债	5.7	4.52	5.59	10.4	1.3	2.42	2.13	1.12	0.83
西钢转债	7.28	4.95	7.28	9.4	1.5	1.94	1.72	0.44	0.22
天药转债	6.93	4.46	5.63	7.81	1.3	1.8	1.71	0.5	0.41
华电转债	5.84	3.26	4.65	7.67	1.5	2.47	2.22	0.97	0.72
上电转债	5.87	4.57	5.76	8.34	1.3	1.88	1.67	0.58	0.37
创业转债	6.16	4.09	4.97	12.03	1.3	3.15	2.94	1.85	1.64
海化转债	7.18	4.73	5.85	16	1.3	3.56	3.25	2.26	1.95
韶钢转债	7.18	4.87	6.08	14.23	1.3	3.04	2.82	1.74	1.52
凯诺转债	9.21	8.05	9.17	11.18	1.3	1.61	1.57	0.31	0.27
金牛转债	14.24	12.37	14.01	39.65	1.3	1.38	1.36	0.08	0.06
中海转债	17.19	13.97	16.59	36.29	1.3	1.51	1.49	0.11	0.09
金鹰转债	3.21	2.86	3.02	4.84	1.3	1.3	1.18	0	-0.12
赤化转债	6.21	5.47	6.21	8.79	1.3	1.51	1.37	0.21	0.07
海马转债	4.02	3.58	3.79	5.39	1.3	1.33	1.24	0.03	-0.06
柳工转债	11.26	9.26	11.18	18.59	1.3	1.75	1.59	0.45	0.29
五洲转债	4.80	4.01	4.71	6.68	1.3	1.41	1.35	0.11	0.05
巨轮转债	7.28	6.84	7.26	12.39	1.3	1.31	1.15	0.01	-0.15
南山转债 2	9.15	7.12	8.05	12.62	1.3	1.71	1.57	0.31	0.17
恒源转债	14.62	11.26	14.27	38.01	1.3	1.62	1.48	0.32	0.18
山鹰转债 2	4.05	3.49	4.05	6.05	1.3	2.61	2.25	1.21	0.85
大荒转债	9.27	8.21	9.16	14.39	1.3	1.69	1.57	0.39	0.27
龙盛转债	7.04	5.84	6.89	12.75	1.3	1.45	1.32	0.15	0.02

华中科技大学博士学位论文

续表 3-5 主要计算结果一览

西洋转债	8.90	6.19	7.45	21.23	1.3	1.91	1.68	0.61	0.38
安泰转债	7.25	6.20	6.82	17.74	1.3	3.37	3.01	2.07	1.71
厦工转债	8.47	7.15	8.39	11.31	1.3	2.19	1.81	0.89	0.51
王府转债	20.48	15.29	18.28	45.57	1.3	2.79	2.47	1.49	1.17
锡业转债	22.75	17.12	21.09	40.35	1.3	1.78	1.67	0.48	0.37
铜陵转债	15.48	10.32	14.81	29.41	1.3	1.52	1.43	0.22	0.13
塔牌转债	12.92	9.47	11.27	19.9	1.3	1.46	1.39	0.16	0.09
铜都转债 _N	10.23	7.02	8.97	9.94 ^c					
民生转债 _N	11.05	7.88	10.05	10.99 ^c					
金鹰转债 _N	10.4	6.51	8.06	8.92 ^c					
桂冠转债 _N	9.2	6.25	7.89	9.99 ^c					

注：^a 赎回溢价 1 为不考虑应计利息时的赎回溢价，等于 $(s_1/s_c - S_{call}^*/s_c)$ ， s_c 为转股价格；

^b 赎回溢价 2 为考虑了应计利息时的赎回溢价，等于 $(s_1/s_{ca} - S_{call}^*/s_c)$ ； s_{ca} 为考虑了应计利息后的转股价格；

^c 表中最后四只转债在触发后没有选择赎回，因此其 s_1 代表被触发当天收盘时价格。

表 3-5 中的 S_{conv}^* 和 S_Y^* 均为在首次赎回公告发布日时计算得到。由前文可知，伴随着赎回日的逐步临近，债券持有人通过将债券转换为股票获得更高利益的可能性将逐渐降低，因此 S_{conv}^* 将是赎回公告期内临界转换股票价格的最大值。观察表 3-5 还能发现，研究区间内的 S_{conv}^* 全部高于 S_N^* 和 S_Y^* ，这一结果表明，对于那些行使赎回权利是为了强迫债券持有人转股的债券发行人来说，当赎回条款刚被触发时，并不是其选择赎回的最好时机，因为此时债券持有人很有可能会不选择转股。因此，对于这一部分的发行人来说，理性的选择是等待股票价格达到 S_{conv}^* 时再行使赎回权利，此时债券持有人选择转股的可能性将更高，发行人将有更大的几率达成目的，避免强迫转股失败。

此外，当充分考虑了赎回公告期和软赎回约束之后，检验样本的 S^* 都不高于 S_b ，这就表明当赎回约束被满足后，债券发行人都应当立即选择行使赎回权利。回到真实市场中可以看到，在总共 55 次赎回约束被满足后，一共有 51 次发行方都与理论

华中科技大学博士学位论文

预测结果基本一致，行使了赎回权利，仅有 4 次例外。

表 3-6 列出了这 4 次例外的可转换债券具体情况，从表 3-5、3-6 中可以寻找到一些导致在这 4 次赎回条款被触发时，债券发行人没有选择赎回的原因。这四次例外分别是发生在 2004 年的铜都转债、民生转债，以及发生在 2007 年的金鹰转债和桂冠转债。从表 3-5 可以看到，铜都转债、民生转债和金鹰转债在赎回条款被触发当日，所计算出的 S_{conv}^* 均要比标的股票价格当日收盘价要高，由前文分析，这就意味着对于持有人来说，此时仍有相当程度的动机让其在债券被赎回时不选择转股。同时还可以看到，这几只转债在赎回条款被首次触发时，均仍有相当高的转债流通比例，也就是说此时还有大量的债券持有人没有转股。结合上述两点，可以合理的推断，债券发行人没有选择在此时赎回很大程度上是顾忌强迫转股失败，因为如果强迫转股失败，那么按照赎回公告约定，剩余的未赎回债券将由债券发行公司以现金赎回，对于公司来说，如果所剩未赎回的债券比例过高，那么就将在短时间内承受巨大的支付压力，这一点是很多公司所不愿面对的。这与 King 和 Mauer (2012) 的结果相吻合，他们提出发行人害怕承受转股失败风险的心理是导致推迟赎回现象产生的原因之一。本文将在下一章引入投资者异质性来从模型上检验这一观点。

表 3-6 发行方选择不赎回的可转换债券赎回条款触发时的未转股比率

转债名称	赎回条款触发日期	未转股余额 (万元)	未转股比率 (%)	变动日期
铜都转债 _N	2004-6-18	22740.03	29.92	2004-6-30
民生转债 _N	2004-3-26	42109.08	10.51	2004-3-31
金鹰转债 _N	2007-12-19	23918.80	74.75	2007-12-28
桂冠转债 _N	2007-3-28	47886.40	59.86	2007-3-30

再来看我国可转换债券市场的赎回溢价。为与国外市场的情形相对比，采用与 Altintig 和 Butler (2005) 相同的赎回溢价定义： $(S_1 / S_c - S_{call}^* / S_c)$ 。在 Altintig 和 Butler (2005) 的研究中，共采集了 229 只可转换债券市场交易数据作为研究对象，其中没有硬赎回约束的有 121 个。其研究结果可大致概述如下：在不考虑赎回约束等条件的全样本检验下，赎回溢价达到了 45% 之多，而在考虑赎回公告期之后赎回溢价下降为 34% 的水平，更进一步的，如果再考虑应计利息的影响，则赎回溢价将大幅

华中科技大学博士学位论文

下降至 14%的低水平之上。据此，他们得出了原有的研究成果高估了市场实际的推迟赎回程度，在充分考虑各影响因素之后，赎回溢价程度将大幅收窄。表 3-7 列出了中国与美国市场在不同情形下所检验得到的赎回溢价对比，从中可以看出两国市场所存在的一些不同特点。

表 3-7 赎回溢价结果对比

	样本数	均值	中位数	最小值	最大值
不考虑赎回约束时 Altinting 和 Butler(2005) (指样本条款中不包含赎回约束)					
赎回溢价	229	0.45	0.23	-0.28	7.54
S_1/S_c	229	1.57	1.35	1	8.6
S_{call}^*/S_c	229	1.12	1.11	1.01	1.40
考虑赎回公告期和赎回约束时 Altinting 和 Butler(2005)					
赎回溢价	121	0.34	0.15	-0.18	7.54
S_1/S_c	121	1.46	1.28	1	8.6
S_{call}^*/S_c	121	1.12	1.11	1.01	1.33
考虑赎回公告期和赎回约束时本文结果					
赎回溢价	51	0.54	0.43	0	2.26
S_1/S_c	51	1.87	1.64	1.30	3.56
S_{call}^*/S_c	51	1.33	1.24	1.30	1.71
考虑赎回公告期、赎回约束和应计利息后 Altinting 和 Butler(2005)					
赎回溢价	73	0.14	0.07	-0.41	1.86
S_1/S_{ca}	63	1.28	1.13	0.99	2.95
S_{call}^*/S_c	79	1.15	1.13	1.01	1.57
考虑赎回公告期、赎回约束和应计利息后本文结果					
赎回溢价	51	0.39	0.27	-0.19	2.01
S_1/S_{ca}	51	1.69	1.57	1.11	1.39
S_{call}^*/S_c	51	1.30	1.24	1.20	1.56

从对比结果来看，国内可转换债券的赎回溢价要显著高于美国市场同类数据，在考虑的赎回公告期等因素后，平均的赎回溢价是美国同类数据的近 3 倍之多。从美国市场数据来看，应计利息在纳入考量范围之后大幅度的降低了平均赎回溢价，

这表明对于美国的可转换债券来说，这一因素是极为重要的。但是国内的数据却表明，应计利息的作用与国外相比要弱得多。这种差别可能来自于两个方面：首先是由于美国可转换债券的期限较长，一般情况下，期限长的债券利率要比期限短的高；其次是与两国市场的转股比例不同有关。美国市场由于发展相对成熟，所发行的可转换债券的初始溢价率相对都较高，平均达到了 25% 以上，因此美国市场的可转换债券转股比例一般不高。而在我国，由于历史原因，转债市场一直比较积弱，债券发行人一般为了提高所发行债券的吸引力，通常都采用了降低初始溢价率的方法，这种方法直接导致了国内转债通常都具有相对较高的转股比例。上述两个因素就导致应计利息在美国对于推高赎回溢价的作用要比国内市场上的更为明显。

下面将分析我国如此之高的赎回溢价的来源。根据赎回溢价定义 $(S_1 / S_c - S_{call}^* / S)$ 可知，赎回溢价过高可能来自于两个方面，要么是 S_1 / S_c 过高导致，要么是 $S_{call}^* - S_c$ 过低导致。从我国实际情况来看，由于我国相比美国市场通常都多了软赎回约束这一限制，而软赎回约束会确保赎回条款被触发必须要高于一个预先设定的阈值，这一阈值在中国一般都高于转股价格的 130%，因此我国的 $S_{call}^* - S_c$ 是要比美国同类数据显著要高的。所以，国内的高赎回溢价主要来源应在 S_1 / S_c 。

在国内偏高可能源于以下两点：其一是如上面所提到的，为保证转股成功率，国内转债的初始转股溢价率都远低于国外同类数据，而且国内股票市场的起伏过大，导致在熊市时相当数量的公司进一步调低了转股价格，因此 S_c 相对较低。其二则是 S_1 较高。造成 S_1 较高的原因也有两个，其一是我国可转换债券的赎回集中发生在 2006、2007、2009 以及 2010 年，而这几年我国股票市场均出现了大幅上涨的情形，大部分可转换债券的标的股票价格大幅上扬，而软赎回约束又迫使发行人必须在股票价格高于约定价格一段时间之后方可赎回，在这个背景下，大量可转换债券在约束期内的快速上涨就导致当发行人可以赎回时，股票价格已经远远超过最初触发时的价格。其二是根据前文所得到的结论，发行人宣告赎回的目的大多是为了迫使持有人转股。但如果转股失败，发行人将可能承受巨大的财务风险。为了避免这一结果，发行人有动机适当地推迟赎回时机，以使得赎回公告发布时的赎回价格对于投资者具有更

高的吸引力。综合以上两点，就导致了国内 S_1/S_c 较高。

表 3-8 给出了实际赎回结果的统计。统计所需的实际市场数据主要通过查询各转债的赎回结果公告而获得。为更好的考察赎回公告期前后的变化以及赎回条款对于转债持有人策略抉择所起到的作用，将赎回公告期间的转股比率 R_{conv} 定义为 $R_{conv} = (R_b - R_a) / R_b$ ，其中 R_b 和 R_a 分别代表公告前和公告后未转股比例。表 3-8 还列出了公告期间标的股票所到达的最高位 S_h ，有前述结论可知， S_{conv}^* 是临界转股价格的最高值，因此如果 S_h 大于 S_{conv}^* ，那么对于理性的投资者来说，就应该会将债券转换为股票，也就是说如果整个市场上的投资者都是理性的，那么理论模型的结果就预示所有持有人都应该会进行债转股。但是从表 3-8 就可以发现，实际结果与理论模型预测的存在一定的出入。从统计上看，所有的转债的 S_h 都大于 S_{conv}^* ，但是当赎回公告期结束后，仍有相当数量的投资者没有选择转股。尤其值得注意的是，这其中还有少量可转换债券的未转股比例相当高，比较典型的代表有丰原转债的 56.82%，江淮转债的 62%，铜都转债的 52.63%，丝绸转债的 59.42% 和山鹰转债的 20.93%。虽然可以将山鹰转债的高未转股比例推因为在纳入应计利息后其赎回溢价较低，因此对债权持有人的吸引力不够，但是同样情况下的复星转债的转股比例却非常之高，而且如果将未转股比例仅归因于赎回溢价问题之上，那么也同样难以解释具有一定赎回溢价的江淮转债却仅有很低的转股比例这一现象。因此，并不能仅仅通过赎回溢价这一角度来解释部分国内转债转股比例偏低这一“异象”。

可以从两个角度来讨论这一问题。一方面从债券本身发行公司的角度来说，对于投资者购买股票这一行为，从本质上讲源自于其对于股票发行公司未来发展具有信心。因此对于债券持有人来说，当他并不看好该债券发行公司未来的发展前景时，那么选择继续持有债券，当债券到期后获取本金的做法会是比将债券转换为股票从而承受股票未来波动风险的举动更为理性的抉择。投资者的这一动机在债券的赎回溢价不高时将体现得更为明显，因为此时持有人选择转股所能获得的超额收益不足以吸引其去承担未来他所认为可能需要面对的风险，这也就是为什么未转股比例较高的可转换债券一般都不会出现很高的赎回溢价。

另一个方面可以从债券持有人本身角度出发，由于国内市场发展较晚，投资者

华中科技大学博士学位论文

在类似市场上所积累的经验较少，整体成熟度有待提升，部分不成熟的投资者也有可能即使在即使债转股能为其获取更高利益时也没有行使转股权利。比如 2007 年发生的上电转债事件就是这一点的最好体现。

不过这一现象在 2008 年之后已逐渐绝迹，表明债券持有人的整体成熟度正随着中国资本市场的发展逐渐上升，这一点我们也可以从表 3-8 中未转股比例较高的转债多集中于 2008 年之前可以看出。

表 3-8 赎回结果

转债名称	赎回公告前的未转股比率 (%) R_b	赎回结束后的未转股比率 (%) R_a	$\frac{(R_b - R_a)}{R_b}$	赎回公告期间的最高股票价格 S_i	临界转换股票价格 S_{conv}^*
钢钒转债	9.81	0.05	99.49	8.43	7.59
机场转债	42.26	2.03	95.20	12.82	10.91
万科转 1	15.23	0.4	97.37	9.49	9.52
侨城转债	59.74	0.15	99.75	9.96	8
丰原转债	0.44	0.19	56.82	4.44	4.36
万科转 2	18.14	0.18	99.01	6.98	5.2
江淮转债	0.5	0.19	62.00	5.71	5.63
铜都转债 _Y	0.38	0.18	52.63	7.09	6.92
南山转债	34.47	0.23	99.33	6.33	6.01
复星转债	33.76	0.27	99.20	7.44	6.04
华西转债	46.04	5.27	88.55	4.08	4.04
丝绸转 2	14.12	5.73	59.42	4.43	4.41
山鹰转债	0.43	0.34	20.93	4.01	3.98
邯钢转债	3.51	0.14	96.01	6.87	4.74
营港转债	78.61	0.91	98.84	13.1	10.88
水运转债	19.25	0.14	99.27	11.88	7.41
华发转债	12.52	0.057	99.54	23	12.07
柳化转债	31.28	0.31	99.01	16.95	12.82
首钢转债	17.5	2.489	85.78	5.51	5.16
国电转债	29.08	0.069	99.76	14.5	10.64

华中科技大学博士学位论文

续表 3-8 赎回结果

晨鸣转债	71.15	0.028	99.96	11.66	7.7
招商转债	23.13	0.04	99.83	43.5	20.97
华菱转债	4.41	0.03	99.32	11.4	5.7
西钢转债	47.76	0.2	99.58	10.59	7.28
天药转债	59.21	0.51	99.14	8.38	6.93
华电转债	17.21	1.513	91.21	7.67	5.84
上电转债	89.66	2.71	96.98	10.27	5.87
创业转债	0.89	0.026	97.08	12.03	6.16
韶钢转债	74.26	0.069	99.91	16.42	7.18
凯诺转债	49.28	0.057	99.88	11.18	9.21
金牛转债	0.01	0.00	99.99	44.28	14.24
中海转债	21.76	0.102	98.91	36.29	17.19
金鹰转债	32.97	0.13	99.61	5.70	3.21
赤化转债	66.37	2.62	96.05	9.93	6.21
海马转债	36.25	0.43	98.81	6.11	4.02
柳工转债	70.04	0.06	99.91	18.97	11.26
五洲转债	68.85	0.26	99.62	7.10	4.80
巨轮转债	74.40	0.040	99.94	13.90	7.26
南山转债 2	60.15	0.19	99.68	13.12	9.15
恒源转债	55.16	0.160	99.71	17.16	10.95
山鹰转债 2	54.31	0.23	99.58	7.87	4.05
大荒转债	41.56	0.23	99.45	14.21	9.27
龙盛转债	99.57	0.24	99.76	12.87	7.04
西洋转债	97.63	0.230	99.77	22.28	8.90
安泰转债	66.99	0.29	99.57	20.73	9.45
厦工转债	99.82	0.126	99.87	11.38	8.47
王府转债	98.45	0.06	99.94	46.15	21.48
锡业转债	69.54	0.860	98.76	43.97	22.75
铜陵转债	53.72	0.24	99.55	31.95	14.79
塔牌转债	88.95	0.05	99.94	22.78	11.93

3.5 本章小结

关于可转换债券到底是否被推迟赎回一直都是本领域研究的重点问题之一。大多数的研究成果均支持可转换债券确实有推迟赎回现象这一结论，但同时也都认为以赎回条款中诸细则为代表的众多因素能够在一定程度上解释推迟赎回程度，当模型将这些因素考虑之后，可转换债券的推迟赎回程度能够得到一定程度的缓解。

鉴于国内现有的同类系统性的实证成果较为匮乏，本章利用 2004 年至 2011 年赎回的可转换债券样本对我国市场上的赎回溢价以及推迟赎回程度进行了系统性检验，并把我国市场所得结果与海外相关成果进行了对比，分析了所存不同之处的成因。

本章核心结论包括：（1）当可转换债券的赎回条款中包含赎回公告期时，选用传统的模型计算赎回结果将必然导致实证检验发现较高的赎回溢价。尤其是当发行人选择赎回的动机是迫使持有人转股时，为了确保目的能尽可能实现，这一程度将会更为显著。（2）对于那些行使赎回权利是为了强迫债券持有人转股的债券发行人来说，当赎回条款刚被触发时，并不是其选择赎回的最好时机，理性的选择是等待股票价格达到 S_{conv}^* 时再行使赎回权利，此时债券持有人选择转股的可能性将更高，发行人将有更大的几率达成目的，避免强迫转股失败。而避免承受强迫转股失败所带来的财务风险，也是市场上少量可转换债券未行使赎回条款的主要原因。（3）国内可转债赎回溢价程度较美国显著偏高，且不能通过应计利息来解释，其原因主要在于国内场所特有的较低的 S_c 和较高的 S_1 。

本章所得结果表明，尽管赎回公告期与赎回约束能够在相当程度上解释市场上所存在的推迟赎回现象，但也仍有一定程度的赎回溢价是上述因素尚难以解释的。而这一点在现有的传统理性范式下的定价模型中一般难以反映，因此本文将在下一章通过将行为金融中的投资者异质性与可转换债券定价模型相结合的方式，从定价模型的角度出发验证这一观点的合理性。

4 后悔厌恶型投资者可转换债券赎回策略研究

如前文所述，国内外不少学者在可转债的最优赎回问题上已做出了大量的工作，其中一个焦点问题就是围绕如何合理解释可转债的推迟赎回现象而展开，但现有文献中的绝大多数均是从新古典金融或者说投资者理性范式的角度来分析该问题，较少的考虑投资者的异质性对于可转换债券最优策略的影响。因此，本章试图跳出现有文献在新古典金融框架内，投资者理性的假设下这一局限性，结合行为金融中有关投资者异质信念在股票市场及债券市场的最新研究成果，从投资者的异质信念角度出发，探讨其对可转换债券赎回策略的影响。

4.1 问题的提出

对于可转换债券所存在的推迟赎回现象，尽管众多学者从多种不同角度尝试解释市场真实情况与理论模型计算值之间的差异，但解释效力仍存在一定的局限性。国外相关研究成果一般均只能解释 20%-30% 的推迟赎回程度，对于市场出现的 40% 以上的高推迟赎回程度始终缺乏足够的说服力。本文在第三章对于国内市场的实证检验也表明，在考虑了赎回公告期、赎回约束以及应计利息等条件后国内样本同样存在一定程度的推迟赎回现象有待进一步解释。

应当看到，传统的定价模型多在新古典金融理论分析框架下所建立，因此其包含了两个基本前提假定：有效市场假说（Efficient Market Hypothesis, EMH）和典型代理人（Typical Agent, TA）。这两个假定的含义是：（1）EMH 成立则代表市场价格已经反映出了所有信息所包含的价值，包括历史信息、所有公开信息乃至内幕信息。对任何信息的挖掘，都不会改变资产的价格，因为其仅取决于资产本身的基础价值。

（2）TA 则是对于市场上的所有投资者进行了同质化假定，即所有投资者可以被视为一体，模型只需要通过研究典型代理人的偏好和行为，就可以把握整个市场上所有投资者的动向。这两个假定具有一定的普适性，且可以大大简化所研究问题的复杂程度，然而一旦其中的一个假设条件证伪，上述假设条件形成的逻辑链条就会即刻断裂，有效市场假说的基石就会因此而崩塌，从而难以准确地反映投资者的实际决

策行为和市场运行状况 (Dumas, Kurshev, Uppal, 2009)。

与理论模型所预测的大相径庭的是, 众多的实证检验结果均指向了同一个结论, 真实市场以及投资人并不是完全按照 EMH 和 TA 来运行的, 它们要比这两个假定复杂的多。对于不同的投资人来说, 其获取信息的途径不尽相同, 而对信息的吸收与转化过程也并不一致, 即使是当外在的客观因素均相同时, 近年来所兴起的实验金融学的研究结果也表明, 投资人的主观性将导致其行为出现不同, 因此投资人同质性的这一假定是值得商榷的, 如何考虑投资者的异质性影响是资产定价研究领域目前的热门话题。

Szymanowska, Horst 和 Veld(2009)在对荷兰可转换债券市场所作的实证检验一文中提出, 理性原因只能解释理论值和市场实际值之间的部分差异, 剩余的部分则只能由非理性因素来进行解释, 而行为金融理论中对于投资者异质性的刻画将是应对这一问题的有效分析手段。

行为金融理论是金融学领域自上世纪 80 年代中期起开始出现的一个新的分支。各种金融市场模型所描述的一个重要方面就是关于代理人如何形成预期的假设。传统的资产定价模型均假设投资者的预期是“完美的”, 投资者的个体行为具有同质性。而与此相对应, 行为金融理论则认为投资者的行为具有异质性, 个体行为是异质化的, 这是经济学上关于人的行为假定的有力补充。

图 4-1 和图 4-2 分别给出了传统金融学与新金融经济学研究框架图。

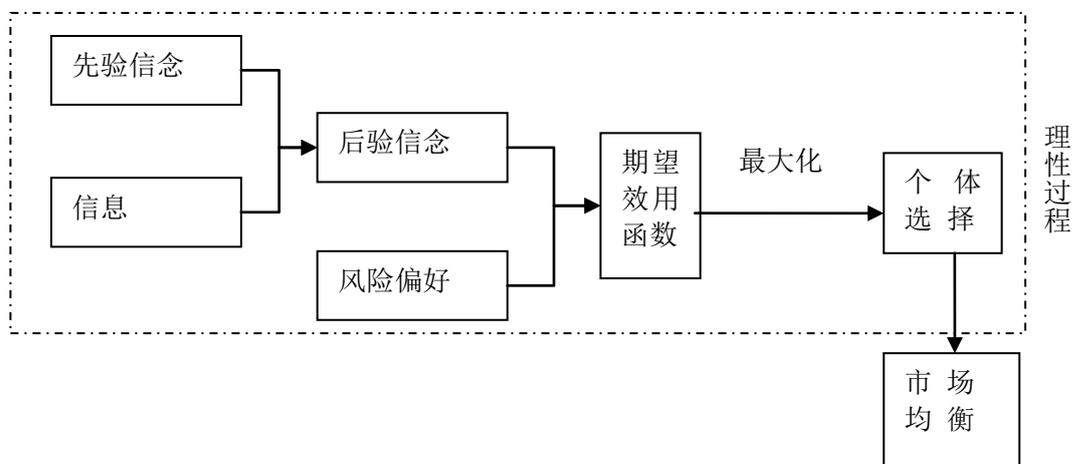


图 4-1 传统金融学研究框架 (张圣平 (2002))

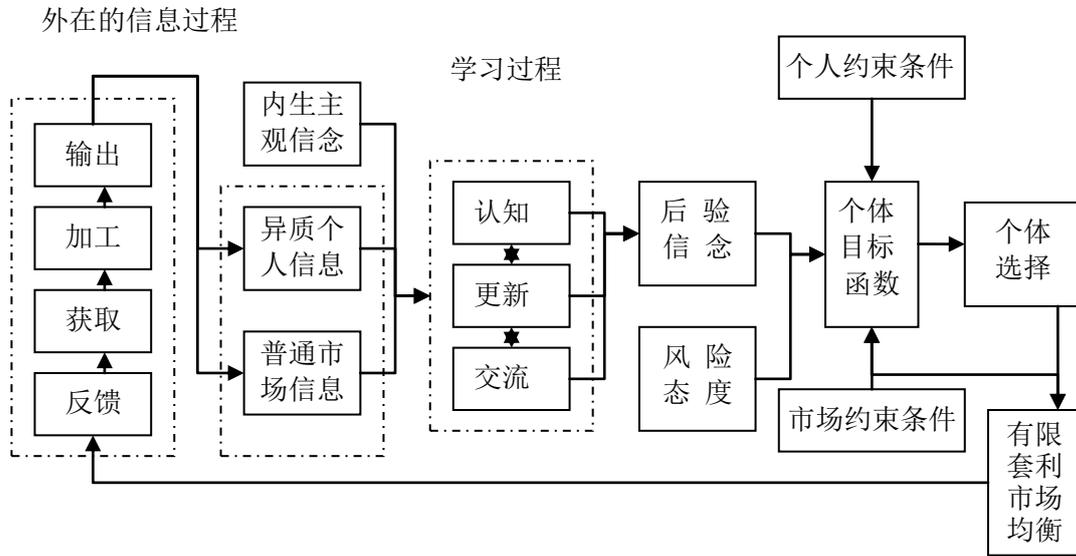


图 4-2 新金融经济学研究框架（赵帅特（2008））

经过近二十余年的发展，投资者具有异质性这一理念逐渐得到了学术界的广泛认同，对其的认识与理解也更加全面、深刻。如 Campbell（2000）在对资产定价模型研究的综述展望中，就在总结行为金融学中的有限套利、前景理论、非理性预期等各种关于投资者异质性行为的论述中，将投资者的异质性按照前、中、后三个阶段分为了在收入层面的异质、偏好层面的异质以及约束层面的异质，不同阶段的异质性对于资产价格的均衡解所起的影响及其影响路径、方式均各不相同。

近年来，重点关注投资者异质性的行为金融理论已开始被广泛应用于资产定价模型研究之中，也由此产生了一个新的分支——行为资产定价，对股票市场上资产价格波动、权益溢价，期权隐含波动率微笑等各种难解之“谜”都取得了大量的成果。但是，迄今为止，仍甚少有研究文献从行为金融理论的角度探讨可转换债券的定价模型以及最优策略。King 和 Mauer(2012)在对美国可转换债券市场 1980 至 2002 年的样本数据进行实证研究时，从实证角度出发提出了债券发行方因为害怕承担赎回失败的风险而将赎回公告推迟的假说，并在其实证结果中获得了支持。这是可转换债券研究中首次明确将发行者的异质性行为因素纳入了解释推迟赎回现象的考量范围之内。

因此，本章将结合行为资产定价研究的最新成果，将异质信念中的投资者“后悔厌恶”引入可转换债券的定价模型之中，通过后悔厌恶导致的价格改变量，来修

正理性框架下定价方程的边界条件，并通过数值模拟分析不同的动机所对应的推迟赎回现象，以及后悔厌恶的程度与推迟赎回的程度二者的关系，从定价模型的角度出发，以投资者行为分析发行者推迟（或提前）赎回的动机，解释现实中发行者往往违背最优赎回策略的现象，弥补理性框架下定价方程所存在的一些不足，同时也为行为金融和传统可转换债券定价模型的交融做出有益的尝试。

4.2 后悔厌恶发行者的赎回策略分析

4.2.1 后悔厌恶与推迟赎回

根据行为金融理论，后悔厌恶型投资者为了避免决策失败，会希望事件的结果能够实现自己决策的心理预期，并为之付出努力，使决策结果能够尽可能的达到自己的目标，从而避免决策失败带来的后悔心理。

投资者后悔厌恶的根源在于人们心理协调的需要：在决策前估计自己在未来可能出现的处境中的感受，最小化未来的后悔便是个体渴望摆脱认知失调的一种表现。这种后悔厌恶会引发行为人的自我控制问题，使得个人无法依据理性来做决策。而债券发行者在做决策的时候，一方面会考虑到最大化股东的利益，同时也会有强烈的动机去规避可能的决策失败带来的后悔心理：因为发行者作为管理者，通常比较自信，往往不愿意承认自身的失误，更难以接受决策失败的后悔情绪对自己的自我否定或者说对自己自信心的影响。

假设4.1 在信息不对称的情形下，后悔厌恶的发行者往往会违背完全理性框架下给出的最优赎回策略。

本文将从两个角度来论证该命题，这里重点讨论推迟赎回，随后会给出模型对于提前赎回的解释。

假设 4.1.1 在信息不对称的情形下，后悔厌恶的发行者希望自己的赎回决策能够促使大多数的持有者转股时（即发行者后悔厌恶心理的基点是规避未来的转换失败），往往会导致推迟赎回。

发行者在做出赎回公告后，一方面会考虑到股东的利益和持有者可能的行为，另一方面也会对可能的转换失败做出估计（如果发行者的动机是促使持有者转股的话，那么转换比例不高则意味着发行者的决策失败）。由于发行者的后悔厌恶情绪，

使得发行者对转换失败的可能性的估计有高估的倾向。这里就表现为如图 4-3 所示的对小概率事件的高评价（图 4-3 的理论依据源于前景理论）。

这种主观对后悔的规避，或者说主观对转换失败的严重性看待会在 0 期的赎回成本上得以体现（这里假设决策时点为 0 和 1 两个时点），反映到当期的可转债赎回决策，就会增加赎回成本，即发行者的后悔厌恶会导致发行者对赎回成本的主观放大。

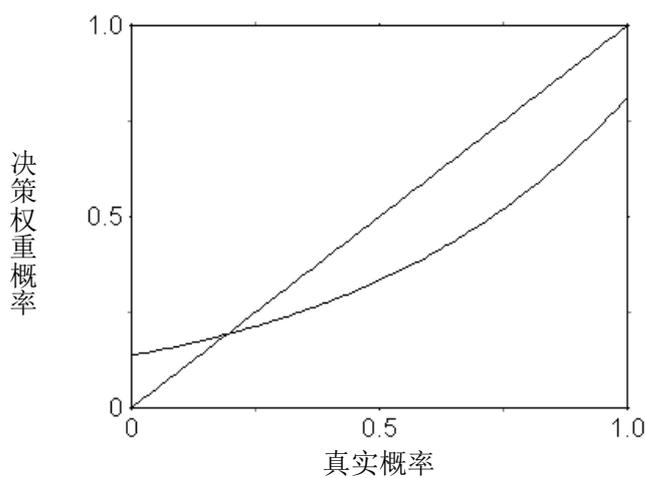


图 4-3 决策权重函数示意图

这种主观放大量定义为 ΔV_c ，此时的赎回成本 V_c' 就不是赎回价格，而是赎回价格加上后悔厌恶导致的附加成本(或者说价格改变量)， $V_c + \Delta V_c$ (V_c 为赎回价格)。

其中 $\Delta V_c = V_c' - V_c$ 。

ΔV_c 的推导思路如下：在风险中性（完全理性）框架下可以求出 S_{call}^* （临界赎回股票价格），然后可以得到赎回公告期结束时点的股票价格 $S_{call+T_n}^*$ ，计算其期望值：

$$\begin{aligned} ES_{call+T_n}^* &= ES_{call}^* \exp[(r - \sigma^2 / 2)T_n + \sigma\sqrt{T_n}\varepsilon_{new+T_n}] \\ &= S_{call}^* \exp[(r - \sigma^2 / 2)T_n] \exp(\sigma^2 T_n / 2) + \sigma\sqrt{T_n} E\varepsilon_{new+T_n} \\ &= S_{call}^* \exp(rT_n) \end{aligned}$$

其中 r 为利率， T_n 为赎回公告期长度， σ 为波动率， n_c 为转股比。

在 95 % 的置信区间内，该期望值的下限为：

$$S_{call}^* \exp(rT_n - 1.96\sigma\sqrt{T_n})$$

为了使发行者足够放心，令 $S_{call}^* \exp(rT_n - 1.96\sigma\sqrt{T_n}) \geq \frac{V_c'}{n_c}$

随后计算出令发行者足够放心时候对应的新的赎回成本 V_c' ，然后与原来赎回价格 V_c 进行比较，其中的价值变化就反映了发行者要求足够放心所付出的成本。这个成本就作为发行者后悔厌恶心理所导致的赎回决策的附加成本。

4.2.2 后悔厌恶与提前赎回

国内外的大多数研究都集中在可转债的推迟赎回问题，因为现实中大多数的公司都是推迟赎回，但也有极少量公司选择提前赎回，本文所提模型也可以解释发行者的提前赎回。

假设 4.2 在信息不对称的情形下，后悔厌恶的发行者希望自己的赎回决策能够促使大多数的持有者赎回时（即发行者后悔厌恶心理的基点是规避未来的赎回失败），往往会导致提前赎回。

与上面的分析类似，当后悔厌恶的发行者的动机是促使大多数的持有者赎回的时候，可类似定义此时对应的新的 ΔV_c ；发行者会主观要求赎回成功率大于一定的百分比（比如 95%），因此可类似定义：

$$S_{call}^* \exp(rT_n + 1.96\sigma\sqrt{T_n}) = \frac{V_c'}{n_c}$$

等式左边对应 95% 的置信水平下的股票价格最大值，即发行者希望在赎回公告期期末最大的股票价格情况下仍然有足够多的持有者选择赎回而不是转股。

此时的控制方程和边界条件并没有改变，代入新的 ΔV_c ，采用数值模拟可得出提前赎回的结果。由于与推迟赎回的分析类似，这里就不再展开。

4.3 后悔厌恶发行者情形下的定价模型和数值实现技术

在不考虑利率随机结构的情况下，可转债标的股票价格 S 服从指数布朗运动：

$$ds = (\mu - D)Sdt + \sigma Sdw \quad (4.1)$$

其中， μ 为期望收益率； D 为股票红利率； σ 为瞬时波动率； dw 为标准维纳过程的增量。债券价值 V 可由下述等式刻画：

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + (r - D)S \frac{\partial V}{\partial S} - rV + c(t) = 0, \quad (S \in (0, S^*(t)), t \in [0, T]) \quad (4.2)$$

华中科技大学博士学位论文

其中 $c(t) = \sum_{i=1}^n c_i \delta(t-t_i)$, t_i 和 c_i ($i=1,2,\dots,n$) 分别表示约定的付息时间点和在该时间点所付的利息, $\delta(\cdot)$ 为示性函数。

其中, $S^*(t)$ 代表债券被转换或赎回时标的股票价格, 这一价格的确定实际上取决于债券博弈双方的最优策略路径。随后可相应的建立终端条件和边界条件。

由可转换债券转换权利的定义以及一般性的分析框架易得终值条件为:

$$V(S,T) = \max\{n_c S, K + c_n\} \quad (4.3)$$

其中, n_c 为事先约定的债券转换成股票的比例, P 为可转换债券的面值, c_n 为最后一期的利息。

不失一般性, 假定债券票息利息的支付方式为离散式, 则应有:

$$V(S, t_i^-) = V(S, t_i^+) + c_i \quad (4.4)$$

其中 t_i 为第 i 次利息的支付时刻。

值得注意的是这里定价方程边界条件将发生重要变化。假设在赎回期 $[\tau_c, T]$ 内, 发行者可以赎回可转债。发行者宣告赎回可转债后, 持有者往往有一个公告期 (例如 30 天) 来决定是接受赎回还是转换。令公告期的长度为 T_n , 赎回价格为 V_c 。在理性范式下, 由于赎回公告期的存在, 一旦发行者宣告赎回, 持有者所拥有的权利就会发生变化。持有者持有的是一个写在公司股票价格 S 上, 到期日为 $(t+T_n)$ (假设发行者在 t 时刻首次公告赎回), 到期支付为 $\max\{V_c, n_c S\}$ 的美式衍生证券, 此时该衍生证券价值为 $V(S, t)$; 而当考虑了发行者的后悔厌恶情绪导致的价格增量的时候, 修正后的边界条件将变成 $\max\{V_c + \Delta V_c, n_c S\}$ 。此时衍生证券价值变为 $V_{new}(S, t; V_c, T_n)$ 。一旦可转债的价值达到 $V_{new}(S, t; V_c, T_n)$, 发行者就应该赎回其可转债, 且:

$$V(S, t) \leq V_{new}(S, t; V_c, T_n) \quad (4.5)$$

与第二章所用方法类似, 本章数值实现技术仍采用有限元方法。

与其他方法相比, 有限元方法具有以下优点: (1) 有限元方法可以相对容易地处理不规则的区域; (2) 有限元方法具有较强的稳健性与可靠性; (3) 有限元方法可以更灵活地处理终端条件以及边界条件 (Markolefas, 2008)。

具体的离散方法和方程可参见第二章及 Gong 等 (2006)。

4.4 数值模拟算例分析

4.4.1 参数设置

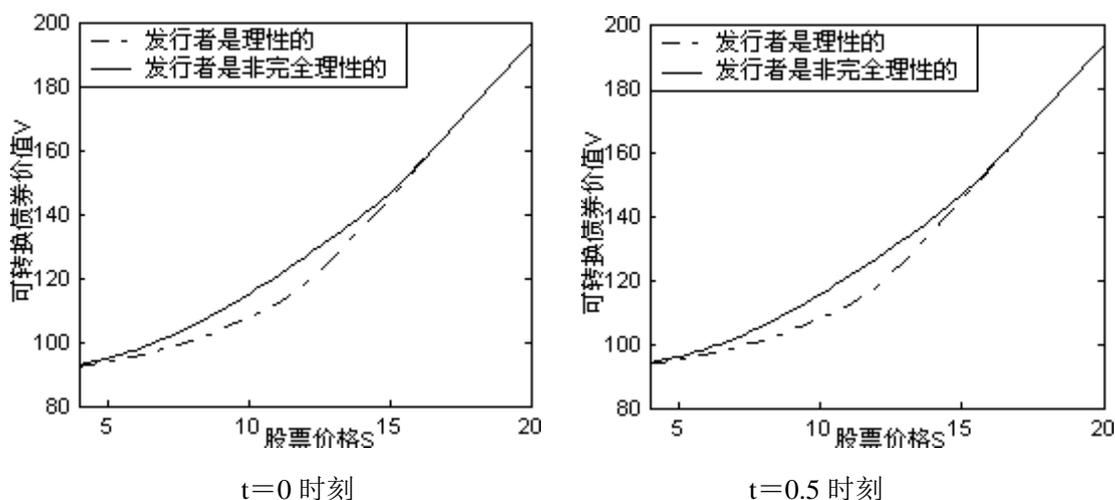
首先给定一组参数^①来计算可转债价值及推迟赎回程度。计算参数如表 4-1 所示。

表 4-1 计算参数表

面值 K	100 元
无风险利率 r	3.6%
年波动率 σ	0.3
年分红率 D	0.015
期限 P_n	5 年
年利率 c	(1, 1.375, 1.75, 2.125, 2.5)%
转股价格 S_c	9.340 元
赎回公告期 T_n	45 天
赎回价格 V_c	为面值的 103%，即 103 元
到期赎回价格 K_m	102.5 元
后悔厌恶参数	取 95% 的预期转股比

4.4.2 计算结果分析

理性发行者和后悔厌恶的发行者(非完全理性发行者)情况下的可转换债券价值比较，参见图 4-4。



^① 参数的选择参考“招行转债”，详见《招商银行股份有限公司发行可转换公司债券募集说明书》。

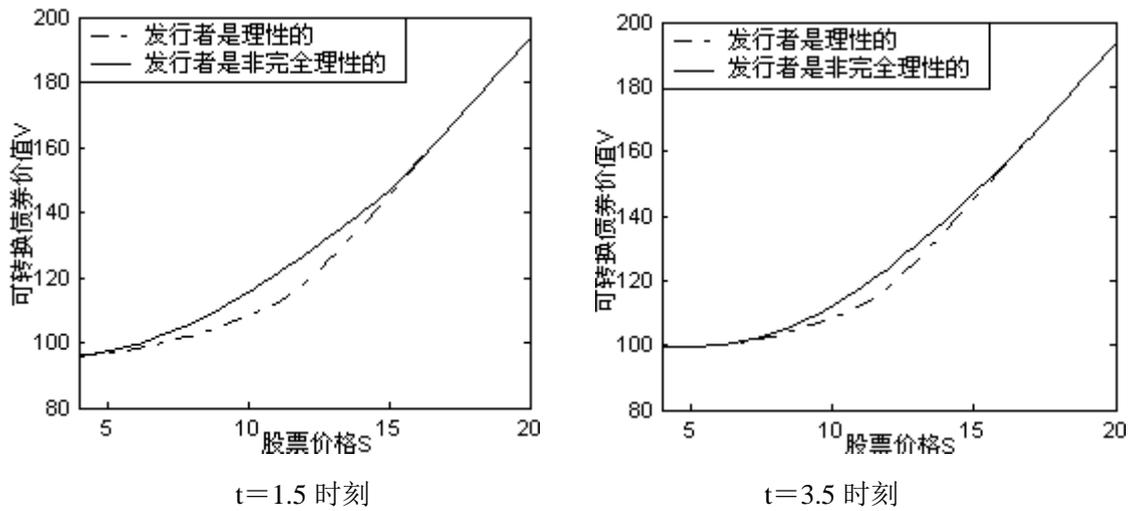


图 4-4 不同时刻理性发行者和后悔厌恶的发行者(非完全理性发行者)情况下可转换债券价值比较

从上面不同时刻的四幅图可以看出，发行者的后悔厌恶所导致的赎回成本的主观放大，会增加可转债的价值^①。

理性发行者和后悔厌恶发行者的临界赎回股票价格比较，参见图 4-5。

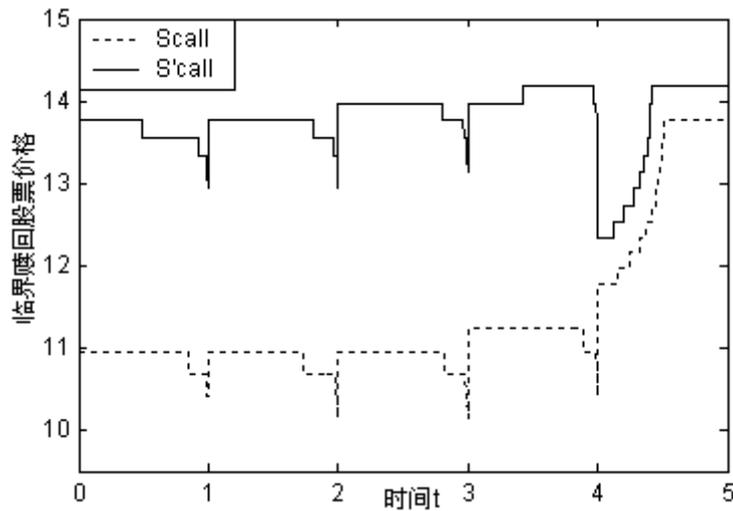


图 4-5 理性发行者和后悔厌恶发行者的临界赎回股票价格比较

(其中 S_{call} 对应于理性发行者的情形， S'_{call} 对应于后悔厌恶发行者的情形)

^① 因为非完全理性发行者的推迟赎回，放松了对投资者转换的约束，进而增加了可转债的价值。

华中科技大学博士学位论文

从图 4-5 可以看出由于发行者的后悔厌恶，导致临界赎回股票价格的增大^①。
推迟赎回程度分析，详见表 4-2 和图 4-6。

表 4-2 不同情形下的临界赎回股票价格表（单位：元）

时间 t	考虑赎回公告期时的临界赎回股票价格	考虑发行者非完全理性时的临界赎回股票价格（后悔厌恶程度高，对应于 95% 的转换成功率要求）	考虑发行者非完全理性时的临界赎回股票价格（后悔厌恶程度较高，对应于 80% 的转换成功率要求）	考虑发行者非完全理性时的临界赎回股票价格（后悔厌恶程度稍高，对应于 65% 的转换成功率要求）
0.5	10.959(13.92%)	13.550(40.85%)	12.734(32.37%)	12.151(26.33%)
1.5	10.959(13.92%)	13.761(43.05%)	12.734(32.37%)	12.344(28.32%)
2.5	10.959(13.92%)	13.976(45.28%)	12.933(34.44%)	12.344(28.32%)
3.5	11.242(16.85%)	14.195(47.55%)	13.012(35.26%)	12.517(30.32%)

（注：表中括号内为推迟赎回程度；推迟赎回程度定义为：（新情形下的临界赎回股票价格/不考虑赎回公告期时的临界赎回价格）-1，这里取的是百分比；此时不考虑赎回公告期时的临界赎回价格为 9.62 元）

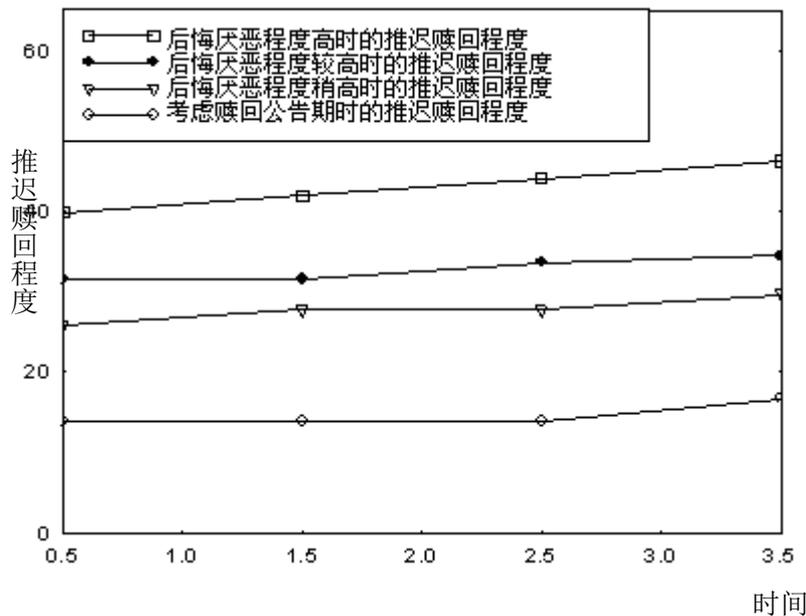


图 4-6 后悔厌恶程度和推迟赎回程度关系示意图^②

^① 图中实线第四期中有一个阶梯状的上升（与前三期有一定的不同），其原因在于在前三期中付息对临界赎回股票价格的影响大于赎回价格的影响，而在第四期中付息的影响可能变弱，同时还有到期还本付息的影响等等。

^② 图中可以看出推迟赎回程度随着时间的增加会有一定的增大，原因在于这里的赎回成本比到期时的本金加利息高，随着到期日的临近，发行者不愿意花较高的成本来赎回；另一方面，随着到期日的接近，投资者转股的机会越来越少，投资者的转股门槛降低，即使没有赎回的压力，投资者也会转股。因此，离到期越近，发行者越不会轻易采取赎回的策略，即发行者的临界赎回股票价格越高。

从上表和图中可以看出：

(1) 存在信息不对称的时候，具有促使持有者转换动机的发行者的后悔厌恶情绪会导致推迟赎回现象，这就从行为金融的角度解释了推迟赎回的重要原因。

(2) 随着发行者后悔厌恶程度的增加，发行者的预期转股比例就越高，此时因为担心后悔而导致的附加成本就越高，推迟赎回程度也随之增加。

(3) 引入后悔厌恶发行者后可以较好的解释理性范式下不能解释的高推迟赎回程度。上述推迟赎回不能用理性发行者的风险厌恶来解释，Asquith (1995)认为，20%的赎回溢价可以作为理性发行者的风险厌恶度量（对发行失败的规避），但是实证中发现很多公司的赎回溢价远大于20%，所以用发行者的后悔厌恶来解释更为合理，这里得出的推迟赎回程度也更能说明实证发现的结果。

(4) 赎回公告期的存在能导致推迟赎回，但是推迟赎回程度有限，这也是大多数理性框架下对推迟赎回解释的一个不足，而采用行为金融可以很好的解释各种程度的推迟赎回。

(5) 模型可以很好的蜕化到理性范式下的解释框架，当后悔厌恶情绪不明显时，此时的价格增量会趋于零，模型蜕化为理性框架下的定价模型。

4.5 本章小结

本章结合行为金融理论，分析了不同赎回动机的发行者的后悔厌恶所导致的违背理性框架下的最优赎回现象。通过引入后悔厌恶导致的价格改变量，来修正理性框架下定价方程的边界条件，并通过数值模拟分析不同动机所对应的推迟赎回现象（或提前赎回现象），以及后悔厌恶程度与推迟赎回程度二者之间的关系，给出了现实中发行者往往违背最优赎回策略现象的本质解释，其结论有助于发行者更切身的选择最优的赎回价格和赎回时机，也有助于持有者分析发行者推迟和提前赎回的动机。更重要的是本章为行为金融和新古典金融在某些问题上的交融做出了有益的尝试，给出了一个有效融合的方法与例子。

5 可转换债券赎回公告效应实证分析

当可转换债券宣告赎回时，将对债券发行公司的股票价格产生何种影响，以及这种影响产生的根源何在一直都是国外可转债相关研究的热门问题。对这些问题的探讨，不管是对于债券发行方还是债券持有人进行决策，乃至整个可转换债券市场稳定机制的设计都具有重要的现实意义。受国内市场样本所限，国内关于赎回公告效应的研究多限于理论分析与案例讨论层面上，进行系统性实证研究较少。本章以国内可转换债券为样本，实证检验我国可转换债券市场的赎回公告效应，重点探讨了国外主流解释理论中的流动性压力和信息不对称假说对于我国市场样本的解释效力。

5.1 问题的提出

可转换债券发布赎回公告时对股票价格有怎样的影响，以及造成这一影响的根源何在无论是对于可转换债券发行方的融资决策还是可转换债券持有人的投资决策都具有重要的影响，同时对这一问题的探讨也将对如何设计更为合理的可转换债券条款以及整个市场机制都具有良好的辅助作用。

国外关于这一领域的相关研究成果主要集中于两方面。其一是流动性压力假说，该假说认为可转换债券赎回公告发布后股票价格将首先出现下降，随后逐步回升，而这一现象的原因在于流动性价格压力，即当转债赎回时，债券发行公司在外流通的股票规模将随着债券持有人的转换而在短时间内有一个上升过程，这就对市场形成了一个暂时的流动性压力，直接表现为股票价格将会有有一个下降，而随着时间的推移，压力逐渐释放完毕，股票价格就将有逐步恢复到正常水平之上，因此存在一个明显的价格回复过程。而另一个则是由信号传递理论而来的信息不对称假说。该假说认为债券的发行人与债权持有人之间存在信息不对称现象，债券发行人要比持有人更早一步获得关于公司的有关信息。当债券发行人得到一个负面信号时，就有动机采用行使赎回权强迫债券持有人债转股从而避免出现当负面信号传递至债券持

有人后，持有人将不再愿意将债权转换为股票的情况发生。而当债券发行人获得的信号为正面时，就会选择不强迫投资者转股，而将选择权更多地交与投资者，这样就能使他们的公司与市场上的其它公司相区别开来，而当正面的信息传递至投资者时，投资者所做出的选择有利于管理者的可能就相对较大。因此，信息不对称假说认为市场对于可转换债券发布赎回公告会有一个消极的预期。

但是近年来一些最新的研究成果对上述假说提出了质疑，如 Brick 等（2007）和 Duca 等（2012）。他们研究结果没有发现公告期间超额收益与公告后超额收益和流动性代理变量之间的相关关系，也没有发现公告期间超额收益与公告后超额收益在统计上有显著相关性。同时采用买入并持有策略计算的超额收益也没有出现公告后的价格反弹，因此现有基于流动性理论所得出的结论并不稳健。另外，反映信息不对称的代理变量与超额收益的关系也是不显著的，基于信息传递的信息不对称假说也被予以挑战。因此他们认为，关于可转换债券公告效应的理论解释有待进一步商榷。

由于国内可转换债券发生赎回的时间大多集中在最近几年，因此现有关于我国市场上的可转换债券公告效应的实证研究所覆盖样本大多较少，且距今年代也较久远，缺乏足够的市场说服力。本章将以截至目前国内所有已发生赎回的可转换债券为样本，通过合理的设计反映包括流动性、不对称信息、稀释效应等在内的代理变量，检验国内市场上的转债赎回公告效应，探讨流动性压力假说与信息不对称假说对国内样本的解释效力。

5.2 样本描述

截止 2012 年 8 月，我国可转换债券市场一共曾发行过 89 只可转换债券。除目前在上交所交易的 16 只以及深交所交易的 4 只外，其余 69 只均已因到期或提前赎回等原因结束上市交易。根据查阅上证交易所及深证交易所历年公告，在这 89 只可转换债券之中，共有 51 只可转换债券最终实施了赎回。本章即以此 51 只可转换债券为样本，检验我国可转换债券市场的赎回公告效应。

表 5-1 列出了全部 51 只可转换债券的基本资料，数据来源于 Wind 数据库。

华中科技大学博士学位论文

表 5-1 样本基本资料

代码	名称	发行额(亿元)	上市日期	首次赎回公告日期	正股名称
125629.SZ	钢钒转债	16	2003-2-17	2004-2-12	攀钢钒钛
125002.SZ	万科转债	15	2002-6-28	2004-3-9	万科 A
100009.SH	机场转债	13.5	2000-3-16	2004-3-1	上海机场
125069.SZ	侨城转债	4	2004-1-16	2005-3-10	华侨城 A
125930.SZ	丰原转债	5	2003-5-20	2006-2-9	中粮生化
126002.SZ	万科转 2	19.9	2004-10-18	2006-2-22	万科 A
125630.SZ	铜都转债	7.6	2003-6-4	2006-5-25	铜陵有色
110418.SH	江淮转债	8.8	2004-4-29	2006-5-18	江淮汽车
100196.SH	复星转债	9.5	2003-11-17	2006-6-28	复星医药
125936.SZ	华西转债	4	2003-9-16	2006-7-28	华西股份
110219.SH	南山转债	8.83	2004-11-3	2006-6-14	南山铝业
126301.SZ	丝绸转 2	8	2002-9-24	2006-8-31	东方市场
100567.SH	山鹰转债	2.5	2003-7-1	2007-1-9	山鹰纸业
110001.SH	邯钢转债	20	2003-12-11	2007-2-2	邯郸钢铁
110317.SH	营港转债	7	2004-6-3	2007-2-6	营口港
100087.SH	水运转债	3.2	2002-8-28	2007-2-15	*ST 长油
110325.SH	华发转债	4.3	2006-8-11	2007-3-5	华发股份
110423.SH	柳化转债	3.07	2006-8-10	2007-3-5	柳化股份
125959.SZ	首钢转债	20	2003-12-31	2007-2-28	首钢股份
100795.SH	国电转债	20	2003-8-1	2007-3-20	国电电力
125488.SZ	晨鸣转债	20	2004-9-30	2007-4-18	晨鸣纸业
125024.SZ	招商转债	15.1	2006-9-11	2007-4-24	招商地产
100726.SH	华电转债	8	2003-6-18	2007-4-27	华电能源
125932.SZ	华菱转债	20	2004-8-3	2007-4-25	华菱钢铁
100117.SH	西钢转债	4.9	2003-8-26	2007-5-14	西宁特钢
110488.SH	天药转债	3.9	2006-11-10	2007-6-1	天药股份
110021.SH	上电转债	10	2006-12-19	2007-7-13	上海电力
110874.SH	创业转债	12	2004-7-19	2007-7-31	创业环保

华中科技大学博士学位论文

续表 5-1 样本基本资料

125717.SZ	韶钢转债	15.38	2007-3-2	2007-9-6	韶钢松山
110398.SH	凯诺转债	4.3	2006-8-30	2007-9-13	凯诺科技
125822.SZ	海化转债	10	2004-9-23	2008-1-31	山东海化
125937.SZ	金牛转债	7	2004-8-26	2008-2-22	冀中能源
110026.SH	中海转债	20	2007-7-12	2008-2-28	中海发展
110232.SH	金鹰转债	3.2	2006-12-6	2009-4-4	金鹰股份
110227.SH	赤化转债	4.5	2007-10-23	2009-4-27	赤天化
125572.SZ	海马转债	8.2	2008-1-30	2009-5-4	海马汽车
125528.SZ	柳工转债	8	2008-5-6	2009-5-20	柳工
110368.SH	五洲转债	5.4	2008-3-14	2009-5-27	五洲交通
128031.SZ	巨轮转债	2	2007-1-19	2009-8-8	巨轮股份
110002.SH	南山转债 2	28	2008-5-13	2009-8-12	南山铝业
110971.SH	恒源转债	4	2007-10-12	2009-11-17	恒源煤电
110567.SH	山鹰转债 2	4.7	2007-9-17	2009-12-29	山鹰纸业
110598.SH	大荒转债	15	2007-12-28	2010-1-21	北大荒
110006.SH	龙盛转债	12.5	2009-9-25	2010-4-19	浙江龙盛
110005.SH	西洋转债	2.65	2009-9-21	2010-4-20	大西洋
125969.SZ	安泰转债	7.5	2009-10-12	2010-5-12	安泰科技
110004.SH	厦工转债	6	2009-9-11	2010-8-24	厦工股份
110008.SH	王府转债	8.21	2009-10-30	2010-10-8	王府井
125960.SZ	锡业转债	6.5	2007-5-29	2010-11-5	锡业股份
126630.SZ	铜陵转债	20	2010-8-6	2011-2-24	铜陵有色
128233.SZ	塔牌转债	6.3	2010-9-16	2011-4-7	塔牌集团

5.3 研究方法 with 变量设计

5.3.1 研究方法

本章将采用事件研究法对可转换债券的赎回公告效应进行实证研究。事件研究法最早由 Dolley 提出，是指运用可获得的统计数据对某一特定事件所产生的影响进行定量分析，目前已广泛应用于经济金融研究当中。事件研究的特点在于其简单、

明晰的逻辑线索，其基本思想是设定事件产生影响的时间窗口，通过计算事件窗口期的日超额收益率以及累计超额收益率来衡量事件影响的显著程度。

事件研究法成立的隐含假设是事件所产生的作用将迅速在市场上体现出来，只有基于此之上，才能通过利用在并不长的一个检验窗口内所统计得到的信号来衡量事件影响。因此在一般情况下，该方法都是在半强型有效市场前提假定下来运用的，即它的隐含前提假设包括：（1）该事件是未被市场预期的；（2）市场至少是半强型有效的；（3）在所使用的事件窗口内没有发生混淆事件或其影响能够被有效剔除。本章将在前述假设均成立的情形下，通过横截面法检验赎回公告事件发生前后非正常收益与流动性和不对称信息变量之间的关系。

与传统方法类似，本处采用市场模型来计算超额收益，则有下式

$$R_{i,t} = \alpha_i + \beta_i R_{m,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (5.1)$$

其中 $R_{i,t}$ 为股票 i 在第 t 日的收益率， $R_{m,t}$ 为股票 i 所在市场的指数在第 t 日的收益率。对于在上海、深圳交易所分别上市的股票，各自采用上证综合指数和深证成份指数作为市场指数。

估计出市场模型（5.1）的参数后，就可以计算股票 i 在第 t 日的超常收益：

$$AR_{i,t} = (R_{i,t} - \alpha_i - \beta_i R_{m,t}) \quad (5.2)$$

则样本组合第 t 日的平均超额收益率 AAR_t 为：

$$AAR_t = \frac{\sum_{i=1}^n AR_{it}}{n} \quad (5.3)$$

股票 i 在时间窗口 $(-j, k)$ 内的累积超额收益率为：

$$CAR_i(-j, k) = \sum_{t=-j}^k AR_{it} \quad (5.4)$$

样本组合在时间窗口 $(-j, k)$ 内的累积平均超额收益率为：

$$CAAR(-j, k) = \sum_{t=-j}^k AAR_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{t=-j}^k AR_{it} \quad (5.5)$$

本章所关注的事件是赎回公告发布对于市场的影响，因此记赎回公告日为 $t = 0$ 。由文献综述部分可知，对可转换债券赎回公告的事件研究实证结果对于市场模型所

选取的估计区间是非常敏感的，早期的研究普遍将参数估计区间定为事件发生前的一段时间，但由于赎回公告发布时公司股票往往会在赎回公告发布前出现一个显著的正向超额收益，因此采用事件发生前作为估计区间的准确性受到了影响。所以本文将采用从赎回公告日前 100 天开始往前截取数据来对模型参数进行估计，以规避在赎回公告前非正常波动的影响。

5.3.2 变量设计

在检验超额收益是否可由流动性压力假说与信息不对称假说解释的横截面分析中，采用时间发生后 1 天内的 $CAR_i(0,+1)$ 作为被解释变量(Dependent Variable)，解释变量(Independent Variables)包括：

1) 不对称信息代理变量

不对称信息的程度与公告所蕴含的信息的重要性是相关联的。沿用 Brick 等(2007)对不对称信息的度量标准，将市场上对分析师对债券发行公司的每股收益所做预测的标准差视为衡量信息不对称程度的替代变量。标准差越大，表明市场上的研究人员对该公司的认知分歧越大，也即反映该公司真实情况的信息传递到市场时越模糊，因而视其不对称信息的程度越大。记此替代变量为 $ASYM_i$ ，由不对称信息假说可知， $CAR_i(0,+1)$ 应与 $ASYM_i$ 呈同向关系。关于 $ASYM_i$ 计算所需的数据，可通过 WIND 数据库查询历年来所公布的行业分析师预测。

除采用 $ASYM_i$ 度量不对称信息程度外，将可转换债券发行公司的规模也作为衡量该指标的另一度量标准。采用该指标的理论依据在于通常来说，规模比较大的公司在市场的地位相比规模较小的公司要更为重要，因此也更容易受到市场的关注，相关研究人员以及机构投资者对其的研究也会相对更为投入，从而对公司信息的把握会更为准确。Blazenko(1987)、Stein(1992)以及 Brick 等(2007)都在其研究模型中将公司规模作为了衡量信息不对称的变量。本文将采用可转换债券发行公司的所发行股票的总价值视为公司规模，记其为 $GSGM_i$ ，考虑到该指标的量级较大，故对其进行对数处理后使用。由不对称信息假说易知， $CAR_i(0,+1)$ 应与 $GSGM_i$ 呈负向关系，也就是公司规模越大，不对称信息程度越低， $CAR_i(0,+1)$ 也越低。

2) 流动性代理变量

在现有的相关研究中，常被作为流动性代理变量的一般有两个。其中 Hasbrouk(2004)所提出的 Gibbs 值所估计的是市场平均交易价格与均衡价格的偏离度，由于受到数据的可获得性限制，本文难以采用此指标作为衡量流动性的代理变量。本文所采用的是 Amivest 指标的倒数。Amivest 指标（即成交量与收益率绝对值的比值）是被应用最为广泛的流动性代理变量之一，如 Cooper 等（1985）、Amihud 等(1997)、Berkman 和 Eleswarapu（1998）以及 Brick 等（2007）均采用了这一度量标准。这一指标的优点在于同时包含了股票价格以及成交量两个维度的信息，能够充分地反映流动性状态，指标数值越小所反映出的流动性就越好。记该指标为 AMI_i 。

$$AMI_i = \frac{|R_{i,t}|}{V_{i,t}} \quad (5.6)$$

其中 $R_{i,t}$ 为股票 i 在第 t 日的收益， $V_{i,t}$ 为股票 i 在第 t 日的交易额。

为保证本文所获结果的稳健性，本文还采用了另一个替代性指标来衡量流动性，那就是股票的换手率（该指标 HSL_i 记为）。该指标度量的是在计算区间内总共成交的证券数量或规模占其可交易的总数量或规模的比重。一般来说，越高的换手率代表越好的流动性。采用这个指标的最大好处在于数据易获得，但其缺陷也很明显，那就是仅考虑了成交规模这一个因素，对于不同股票价格的股票来说，同样的换手率所反映出的流动性状态实际上可能是有所不同的。也正因为此，本文将这一指标仅作为替代性衡量指标，用以保证结果的稳健型。

如果流动性压力假说成立，那么就应该有流动性越差检验得到的超额收益越小这一结果，因此 $CAR_i(0,+1)$ 将和 HSL_i 呈负向关系，和 AMI_i 呈正向关系。

由流动性压力假说，赎回公告后首先出现的股票价格下降是源于一个未被预期的新增股票流入市场所致，因此，在考虑流动性代理变量时，还需要将由于赎回所导致的股票稀释效应纳入进来。本文定义稀释率（指标记为 XSL_i ）为可转换债券的转换率与赎回公告前所有仍未转股的可转换债券总面值的乘积再除以赎回公告前发行公司在外流通的股票数量。由定义可知，该指标越大，意味着尚未转股的可转换债券所潜在的转股压力越高，对于市场的冲击也越大，对股票价格的影响也越大。

华中科技大学博士学位论文

为更好的捕捉稀释率与流动性的关系,将 HSL_i 和 AMI_i 与 XSL_i 联系起来,令 HSL_i 和 XSL_i 之积为 $HXSL_i$, XSL_i 与 AMI_i 之积为 $AXSL_i$ 。则若流动性压力假说成立,应有 $CAR_i(0,+1)$ 与 XSL_i 和 $AXSL_i$ 呈正向关系的结果。

对上述变量的整体描述结果详见表 5-2。为统一各变量的数量级以便于回归分析,对 AMI_i 统一乘上 10^8 , 对 XSL_i 乘上 10^7 。

表 5-2 样本统计性描述

统计量 变量	样本容量	均值	中位数	标准差	最小值	最大值
$ASYM_i$	51	0.052	0.046	0.032	0.005	0.121
$GSGM_i$	51	11.295	10.947	0.921	6.109	15.209
HSL_i	51	5.016	5.171	3.794	0.298	12.870
AMI_i	51	0.030	0.019	0.034	0.001	0.137
XSL_i	51	1.328	1.076	1.417	0.007	6.108

对于线性回归模型来说, 检验变量之间是否存在多重共线性是首先要确认的问题。因为如果存在完全共线性, 那么变量的回归系数就将根本无法确定, 且误差趋于无穷大。而即便仅存在不完全的多重共线性关系, 此时回归系数的误差也就很高, 因此此时模型所得到的结果的精度是难以令人满意的。因此在进行回归分析前, 必须要检验各变量之间是否存在严重的多重共线性问题。常用的检验方法有方差膨胀因子(VIF)与容许度(TOL)。方差膨胀因子度量的是方差与协方差增大的速度, 由于多重共线性会导致方差迅速增大, 因此当多重共线性严重时, 方差膨胀因子将趋于无穷大, 容许度将趋于 0。检验结果列在表 5-3 中。

表 5-3 检验结果

解释变量	多重共线性诊断	
	容许度	方差膨胀因子
$ASYM_i$	0.752	1.330
$GSGM_i$	0.784	1.276
HSL_i	0.624	1.603
AMI_i	0.801	1.249
XSL_i	0.874	1.144

有上述定义可知, 当完全共线性时, VIF 将趋于无穷大, TOL 将为零, 而若完全

华中科技大学博士学位论文

不存在共线性时，VIF 将为零，TOL 将为 1。在 VIF 具体为多少时可认为不存在多重共线性问题目前并没专门的统一规定，一般作为经验规则，当一个变量的 VIF 超过 10 时，就认为该变量是高度共线的。从表 5-3 可以看到，六个变量的检验结果中，容许度最小的也在 0.6 以上，而方差膨胀因子最大的也仅为 1.6 左右，因此可以认为不存在严重的共线性问题，回归结果具有较好的可信度。

5.4 结果分析

本研究采用不同股票在 (-250, -101) 的历史数据估计方程 (5.1) 的参数 α_i 和 β_i ，然后用公式 (5.2) - (5.5) 来计算赎回公告前后的 CAAR，并检验其显著性。具体结果详见表 5-4 和表 5-5。

表 5-4 赎回公告前的累积平均超额收益率双侧 t 检验表

时间窗口	样本容量	CAAR	t 值	时间窗口	样本容量	CAAR	t 值
(-60, -1)	51	0.1149	2.258**	(-59, -1)	51	0.1129	2.211**
(-58, -1)	51	0.1105	2.197**	(-57, -1)	51	0.1098	2.037**
(-56, -1)	51	0.1125	2.208**	(-55, -1)	51	0.1073	1.991**
(-54, -1)	51	0.1032	1.989**	(-53, -1)	51	0.1103	2.189**
(-52, -1)	51	0.1085	2.014**	(-51, -1)	51	0.1105	2.196**
(-50, -1)	51	0.1132	2.217**	(-49, -1)	51	0.1107	2.206**
(-48, -1)	51	0.1121	2.204**	(-47, -1)	51	0.1119	2.200**
(-46, -1)	51	0.1076	1.993**	(-45, -1)	51	0.1050	1.991**
(-44, -1)	51	0.1053	1.992**	(-43, -1)	51	0.1042	1.990**
(-42, -1)	51	0.1107	2.209**	(-41, -1)	51	0.1085	2.192**
(-40, -1)	51	0.1132	2.512***	(-39, -1)	51	0.1109	2.208**
(-38, -1)	51	0.1113	2.210**	(-37, -1)	51	0.1139	2.527***
(-36, -1)	51	0.1099	2.178**	(-35, -1)	51	0.1105	2.194**
(-34, -1)	51	0.1132	2.511***	(-33, -1)	51	0.1157	2.739***
(-32, -1)	51	0.1185	2.926***	(-31, -1)	51	0.1200	3.104***
(-30, -1)	51	0.1145	2.629***	(-29, -1)	51	0.1129	2.396**
(-28, -1)	51	0.1101	2.184**	(-27, -1)	51	0.1088	1.965**
(-26, -1)	51	0.1095	1.984**	(-25, -1)	51	0.1061	1.952**
(-24, -1)	51	0.1041	1.735*	(-23, -1)	51	0.1023	1.699*
(-22, -1)	51	0.1035	1.704*	(-21, -1)	51	0.1019	1.612

华中科技大学博士学位论文

续表 5-4 赎回公告前的累积平均超额收益率双侧 t 检验表

(-20, -1)	51	0.0972	1.429	(-19, -1)	51	0.0910	1.301
(-18, -1)	51	0.0602	1.207	(-17, -1)	51	0.0719	1.321
(-16, -1)	51	0.0703	1.312	(-15, -1)	51	0.0598	1.2701
(-14, -1)	51	0.0712	1.691*	(-13, -1)	51	0.705	1.679*
(-12, -1)	51	0.0692	1.815*	(-11, -1)	51	0.0623	1.802*
(-10, -1)	51	0.0501	1.589	(-9, -1)	51	0.0503	1.624*
(-8, -1)	51	0.0421	1.637*	(-7, -1)	51	0.0433	1.719*
(-6, -1)	51	0.0309	1.425	(-5, -1)	51	0.0324	1.491
(-4, -1)	51	0.0185	1.203	(-3, -1)	51	0.0109	1.191
(-2, -1)	51	0.0082	0.7529				

注：*、**以及 ***分别代表在 10%、5%、1%显著性水平上显著。

从表 5-4 可以观测到，在赎回公告前所有的 CAAR 值均未非负，而且绝大多数都是显著为正的。

表 5-5 赎回公告后的累积平均超额收益率双侧 t 检验表

时间窗口	样本容量	CAAR	t 值	时间窗口	样本容量	CAAR	t 值
(0, +1)	51	-0.0041	-0.592	(0, +2)	51	-0.0053	-0.632
(0, +3)	51	-0.0072	-0.903	(0, +4)	51	-0.0106	-1.128
(0, +5)	51	-0.0089	-0.103	(0, +6)	51	-0.0081	-0.102
(0, +7)	51	-0.0036	-0.042	(0, +8)	51	-0.0010	-0.015
(0, +9)	51	0.0015	0.089	(0, +10)	51	0.0022	0.117
(+2, +3)	51	-0.0039	-0.444	(+2, +4)	51	-0.0051	-0.0621
(+2, +5)	51	-0.0061	-0.719	(+2, +6)	51	-0.0040	-0.489
(+2, +7)	51	-0.0019	-0.201	(+2, +8)	51	0.0067	0.589
(+2, +9)	51	0.0051	0.498	(+2, +10)	51	0.0047	0.429
(+2, +11)	51	0.0059	0.511	(+2, +12)	51	0.0032	0.317
(+2, +13)	51	0.0079	0.732	(+2, +14)	51	0.0092	1.010
(+2, +15)	51	0.0106	1.032	(+2, +16)	51	0.0079	0.811
(+4, +5)	51	0.0041	0.512	(+4, +6)	51	0.0009	0.120

续表 5-5 赎回公告后的累积平均超额收益率双侧 t 检验表

(+4, +7)	51	0.0070	0.784	(+4, +8)	51	0.0065	0.698
(+4, +9)	51	0.0152	1.298	(+4, +10)	51	0.0164	1.301
(+4, +11)	51	0.0120	1.007	(+4, +12)	51	0.0139	1.162
(+4, +13)	51	0.0192	1.493	(+4, +14)	51	0.0130	1.147
(+4, +15)	51	0.0099	1.078	(+4, +16)	51	0.0067	0.789
(+4, +17)	51	0.0082	0.843	(+4, +18)	51	0.0095	1.002
(+4, +19)	51	0.0107	1.006	(+4, +20)	51	0.0074	0.698
(+4, +21)	51	0.0110	0.794	(+4, +22)	51	0.0135	0.823
(+4, +23)	51	0.0125	0.721	(+4, +24)	51	0.0103	0.596

表 5-5 给出了赎回公告后不同窗口期的 *CAAR* 检验结果, 分别从赎回公告日当天、赎回公告日 2 天后、四天后三个时间点向后截取 10 天、14 天以及 20 天时赎回公告后不同时间窗口的累积平均收益率。可以观测到, 时间窗口(0, +1) 到(0, +8) 的超额收益 *CAAR* 均为负, 但 t 检验表明结果并不显著, 无法拒绝等于 0 的假设。同时, 表 5-5 还给出了赎回公告日后第 2 天到第 16 天的不同时间窗口, 以及赎回公告日后第 4 天到第 24 天的不同时间窗口。可以看到, 时间窗口(+2, +8) 之后所计算得到的 *CAAR* 都均为正, 但是也没有通过显著性检验。

在海外相关领域的研究成果中, Campbell 等(1991)、Mazzeo 和 Moore(1992)、Ederington 和 Goh(2001)均观测到在可转换债券赎回公告日后会有负的超额收益现象。Mazzeo 和 Moore(1992), Byrd 和 Moore(1996), Ederington 和 Goh(2001)以及 Bechmann(2004)将价格所出现的先下降后回升的现象归结为流动性压力。流动性压力假说就意味着价格回复的程度将与初始价格下降的程度负相关, 并且在赎回公告日后的超额收益以及赎回公告事件附近时间窗口所观测到的超额收益应当与流动性代理变量相关。

同时采用赎回公告日附近的超额收益与赎回公告日后的超额收益进行回归分析, 检验流动性压力假说预测的价格回复现象。为保证检验效果, 被解释变量时间窗口分别选取(-1,0)和(-1,1), 解释变量时间窗口分别选取(1,20)和(2,21)

华中科技大学博士学位论文

表 5-6 回归分析结果一览

解释变量 被解释变量	$CAR(+1,+20)$	$CAR(+2,+21)$
Intercept	0.013 (0.216)	0.029 (0.142)
$CAR(-1,0)$	-0.238 (-0.305)	
$CAR(-1,+1)$		-0.362 (-0.411)
R^2	0.005	0.004
Adj. R^2	0.049	0.0041

注：括号内的值为 t 值。

表 5-6 是对流动性压力假说的检验。如果流动性压力假说成立，那么应当能得到 $CAR(-1,0)$ 、 $CAR(-1,+1)$ 与 $CAR(+1,+20)$ 或 $CAR(+2,+21)$ 呈显著负相关这一结果。但是从回归结果来看，尽管系数都为负，但均未达到统计上的显著程度。因此，检验结果并不支持流动性压力假说所预测的价格回复现象。

表 5-7、表 5-8 列出了 $CAR_i(0,+1)$ 、 $CAR_i(0,+2)$ 与流动性代理变量和不对称信息代理变量的横截面回归分析结果。

观察两表的结果可以发现，在单变量回归分析中， AMI_i 与 $AXSL_i$ 都与 $CAR_i(0,+1)$ 和 $CAR_i(0,+2)$ 呈显著负相关关系，但以 AMI_i 和 $AXSL_i$ 以及 HSL_i 分别作为单变量回归分析中的流动性代理变量时，其检验结果是不一致的， AMI_i 和 $AXSL_i$ 均与超额收益呈显著负相关关系，但是 HSL_i 却没有检测出相应的显著关系，而且在多变量回归分析中，也获得了类似的结果。这一现象出向的根源就在于前文对换手率这一替代变量所做的分析之中，由于换手率仅考察了成交量这一个维度而忽视了股票的交易价格，因此以 HSL_i 作为流动性度量标准是不如 AMI_i 稳健的。

流动性假说如果成立，则应能检验到 $CAR_i(0,+1)$ 、 $CAR_i(0,+2)$ 与 AMI_i 和 $AXSL_i$ 有显著的负向关系，也就是流动性越好，所计算得到的超额收益水平应该越低。这一点在本文的检验结果中得到了印证。

另外，在单变量回归分析中， $ASYM_i$ 与超额收益呈并不显著的正向关系，当考虑了流动性变量单变量 AMI_i 和 $AXSL_i$ 之后， $ASYM_i$ 与超额收益有显著的正相关关系，这一结果与不对称信息假说所预测的是相一致的，因此从这个角度出发，该假说可以对国内转债市场赎回公告效应后产生的部分超额收益进行解释。

表 5-7 赎回公告后累积超额收益横截面分析结果（以 $CAR_i(0,+1)$ 为被解释变量）

回归方程 解释变量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Intercep	0.002 (0.302)	0.004 (0.519)	-0.010 (-3.157***)	-0.011 (-2.819***)	-0.014 (-3.295***)	-0.026 (-0.307)	0.011 (2.701**)	0.014 (2.918**)	-0.006 (-0.203)	-0.041 (-0.925)
AMI_i	-0.614 (-1.919*)						-0.661 (-2.003*)			
$AXSL_i$		-0.290 (-1.611*)						-0.396 (-2.801**)		
HSL_i			0.001 (0.275)						0.000 (0.049)	
$HXSL_i$				0.001 (0.209)						0.001 (0.167)
$ASYM_i$					0.291 (1.187)		0.401 (2.002*)	0.381 (1.814*)	0.301 (1.015)	0.334 (1.417)
$GSGM_i$						-0.002 (-0.217)	0.001 (0.095)	0.004 (0.398)	-0.002 (-0.215)	0.001 (0.017)
N	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
R ²	0.107	0.096	0.003	0.005	0.053	0.001	0.174	0.191	0.009	0.101
Adj.R ²	0.080	0.068	-0.052	-0.027	0.041	-0.069	0.151	0.182	-0.003	0.045
F	3.159	2.914	0.099	0.094	2.510	0.163	1.302	1.157	0.392	0.615
Sig. F	0.061	0.096	0.611	0.628	0.107	0.569	0.359	0.498	0.241	0.196

注：*在 10%水平上显著，**在 5%水平上显著，***在 1%水平上显著

表 5-8 赎回公告后累积超额收益横截面分析结果（以 $CAR_i(0,+2)$ 为被解释变量）

回归方程 解释变量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Intercep	0.003 (0.448)	0.004 (0.501)	-0.006 (-2.805**)	-0.009 (-3.004***)	-0.012 (-3.129***)	-0.020 (-0.281)	0.007 (1.302*)	0.008 (1.605*)	-0.002 (-0.125)	-0.024 (-0.381)
AMI_i	-0.591 (-1.884*)						-0.679 (-2.215*)			
$AXSL_i$		-0.317 (-1.516*)						-0.409 (-2.679**)		
HSL_i			0.000 (0.104)						0.000 (0.021)	
$HXSL_i$				0.000 (0.125)						0.001 (0.147)
$ASYM_i$					0.300 (1.215)		0.412 (2.227*)	0.406 (2.059*)	0.237 (1.391)	0.261 (1.420)
$GSGM_i$						-0.001 (-0.104)	0.000 (0.092)	0.002 (0.106)	0.001 (0.099)	0.002 (0.114)
N	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
R^2	0.091	0.084	0.002	0.003	0.049	0.002	0.139	0.163	0.007	0.112
Adj. R^2	0.072	0.061	-0.061	-0.041	0.038	-0.067	0.112	0.147	-0.004	0.093
F	2.967	3.001	0.071	0.075	2.605	0.199	1.805	1.321	0.269	0.703
Sig. F	0.089	0.082	0.803	0.781	0.103	0.407	0.201	0.372	0.262	0.180

注：*在 10%水平上显著，**在 5%水平上显著，***在 1%水平上显著

5.5 本章小结

可转换债券赎回公告对债券发行公司股票价格的影响，以及这种影响产生的根源所在对于可转换债券的发行人和债券持有人进行决策，乃至整个可转换债券市场稳定机制的设计都具有重要的现实意义。受国内市场样本所限，目前尚较少关于我国可转换债券市场赎回公告效应的系统性实证研究成果。本章以国内可转换债券市场为样本，实证研究我国可转换债券市场的赎回公告效应，并重点探讨了流动性压力假说和信息不对称假说对于我国市场样本的解释效力。

本章结果表明，赎回公告时产生的超额收益符合流动性假说，但赎回公告后的超额收益则与其不一致，流动性假说所预测的价格回复现象在实证结果中并未发现。对于不对称信息假说，本文所获得的实证结果表明，该假说可以在一定程度上解释国内可转换债券赎回公告时所出现的部分现象。

6 研究总结

6.1 本文主要工作和研究结论

本文首先通过将期权博弈方法引入可转换债券定价模型之中来解决价值控制方程的自由边界难以准确刻画的问题，并利用数值实现技术探讨了可转债各主要条款中的细则对于转债价值以及最优策略路径选择的影响。随后，以我国可转换债券市场样本为例对赎回策略进行了实证分析，检验了我国市场上的赎回溢价以及推迟赎回程度，并与海外研究成果进行了对比。再次，将行为金融理论与可转换债券定价模型相结合，探讨了投资者的异质性对于可转换债券价值以及赎回策略的影响。最后，检验了我国可转换债券市场的赎回公告效应。通过对可转换债券多个层面的深入探索与研究，本文对于理解和把握国内可转换债券市场的具体特征将起到一定的促进作用，也有助于国内转债市场借鉴海外市场经验而获得进一步地发展与繁荣。具体来说，本文的主要工作成果包括：

(1) 建立了基于期权博弈理论的可转换债券定价模型，并采用数值实现技术探讨了可转换债券各条款细节对于债券博弈双方最优策略路径选择所起到的作用。研究结果显示，股票红利发放政策、债券票息利率的设定都会直接影响到债券持有人选择债转股的时机，尤其是当债券票息支付为离散型时，理性的债券持有人绝不会在票息支付前一刻行使转换权利。在赎回条款细则上，赎回公告期的长度、距离到期日的时间乃至赎回约束等都会反映在博弈双方的最优策略抉择上。总体来说，赎回公告期以及赎回约束都是为了保护债券持有人利益而存在的，其作用主要体现在约束债券发行人过度行使其赎回权利之上，也就是说这两个条款能够减少债券发行人过早赎回所发行债券的现象。因此，赎回公告期、赎回约束都起到了推迟发行人赎回的作用，同时赎回公告期越长，推迟赎回的程度越高，这一点在赎回动机是强迫债券持有人转股时表现更为明显。同时，距离到期日时间的不同对于赎回公告期所能起到的推迟赎回作用的程度也有显著的影响。

(2) 以我国可转换债券市场样本为例对赎回策略进行了实证分析。采用文中基

于期权博弈理论的定价模型，检验了我国市场上的赎回溢价、推迟赎回等焦点问题，并与海外市场同类型的检验结果进行了对比分析。研究结果显示，采用基于博弈期权方法的定价模型所得结果较之现有相关文献的结果能够更好的与市场实际情况相吻合，赎回公告期与赎回约束的存在能够解释相当程度的推迟赎回现象。

(3) 结合行为金融理论，采用投资者的后悔厌恶来表征投资者的异质信念，构建了投资者异质信念下可转换债券定价模型，重点探讨了异质信念对可转换债券赎回策略的影响，分析了不同赎回动机的发行者的后悔厌恶所导致的违背理性框架下的最优赎回现象。通过引入后悔厌恶导致的价格改变量，来修正理性框架下定价方程的边界条件，并通过数值模拟分析不同的动机所对应的推迟赎回现象（或提前赎回现象），以及后悔厌恶的程度与推迟赎回的程度二者的关系，给出了现实中发行者往往违背最优赎回策略现象的本质解释。所得结论有助于发行者更切身的选择最优赎回价格和赎回时机，也有助于持有者分析发行者推迟和提前赎回的动机，更重要的是为行为金融和新古典金融在某些问题上的交融做出了有益的尝试，给出了一个有效融合的方法与例子。

(4) 当可转换债券宣告赎回时，将对债券发行公司的股票价格产生何种影响，以及这种影响产生的根源何在一直都是国外可转债相关研究的热门问题。对这些问题的探讨，不管是对于债券发行方还是债券持有人进行决策，乃至整个可转换债券市场稳定机制的设计都具有重要的现实意义。受国内市场样本所限，目前尚较少关于我国可转换债券市场赎回公告效应的系统性实证研究成果。本文以国内可转换债券为样本，实证研究我国可转换债券市场上的赎回公告效应，重点探讨了国外主流解释理论中的流动性压力和信息不对称假说对于我国市场样本的解释效力。实证结果表明，我国可转换债券在赎回公告日前超额收益为正，赎回公告日后超额收益为负，但只有赎回公告前时间窗口较长的超额收益是显著异于零。回归分析结果对流动性假设给予了部分支持，即赎回公告时产生的超额收益与流动性假说所预测的结果是相吻合的，但没有发现该假说所预测的价格回复现象。对于不对称信息假说，本文获得的实证结果支持其在一定程度上可以解释国内可转换债券赎回公告时出现的超额收益。

6.2 研究展望

从可转换债券自身的特点、可转换债券市场的发展现状以及可转换债券相关领域的研究进展来看，以下几个问题在未来都具有极好的研究价值与前景：

(1) 除转换条款、赎回条款之外，可转换债券还有包括向下调整转股价格等诸多附加条款，如何采用适当的方法将更多地条款对可转换债券价值以及最优策略的影响纳入本文所提出的基于期权博弈的模型分析框架之中，更全面的反映可转换债券的特征，将是未来值得进一步研究的课题。

(2) 本文将投资者的异质性因素融入可转换债券定价模型时，为便于分析，选择了较为基础的单因素模型，仅考虑了股票价格的随机波动。对包括利率、信用风险等在内的诸多其它因素未作过多探讨。但如若要将众多因素均纳入考量，模型的复杂度必将大幅上升，如何采用合适的方式解决这一问题值得进一步深入探索。

(3) 本文从定价模型的角度考察了投资者异质性对于可转换债券价值的影响及相关策略分析，并利用数值模拟进行了检验。如何从实证角度出发进一步验证模型的有效性，将是下一步工作的重点推进方向。

(4) 随着可转换债券在资本市场地位的逐渐加强，可转换债券产品对于其他相关市场如股票市场和债券市场以及机构投资者构建其投资组合等方面都将产生越来越大的影响。如何把握这一发展趋势，设计更贴近市场需求的转债产品将是可转换债券在应用研究领域未来值得深入探讨的问题。

致 谢

时光似箭，日月如梭，四年的博士生涯转瞬即逝，如今即将告别这生活了多年的喻园，投入到紧张而充满挑战的工作中，心中充满着无限的留恋！

感谢我的博士导师龚朴教授！在这四年的学习与生活之中，正是导师无微不至的关怀与帮助逐渐让我成长为一名合格的博士研究生；也正是在导师的指导下，让我先后获得了前往新加坡管理大学与英国剑桥大学深造学习的机会，不仅使我在学术视野上得益拓宽，也让我的人生经历得以丰富；导师谆谆的教诲和严格的训练，帮助我懂得了许多待人接物与为人处世的道理。感谢导师的无私贡献和耳提面命，在此，谨向导师表示崇高的敬意和衷心的感谢。

感谢剑桥大学导师 Helen Bao！非常幸运能够在博士求学期间获得她的邀请，获得国家留学基金委的全额资助前往英国剑桥大学学习交流。在英国求学与生活的一年将永远是我人生中最宝贵也最美好的回忆之一。感谢杨明教授、夏新平教授、薛明皋教授、何旭彪教授和新加坡管理大学的 Qing Ding 教授在博士学习期间给予我的指导、关心和帮助，同时也对在百忙之中评审本文并给予宝贵意见的各位老师致以由衷的谢意！

感谢蒙坚玲博士、张保柱博士、黄荣兵博士、徐玮博士、高原博士、杨博理博士、鲍继业博士、张兆芹博士、张恒博士、郑长征博士、汪小京博士，感谢郑金璐硕士、吴昊硕士、晏建军硕士、夏思慧硕士，罗希硕士。十分感谢你们一直以来对我的大力帮助以及与你们在一起所带给我的快乐时光。

感谢赋予我温馨和平静的家人。正是有你们这些年在我身后坚定的支持，才能让我率性而为，前行至今，这一份爱我会铭记于心。

最后，感谢这几乎让我度过了整个青春岁月的华工校园。十三年前来到这个那个少年，如今终于到了要跟你说再见的时候了。想不爱时已深爱，谨以此记！

陈 睿

2012年于喻园

参考文献

- [1] Abhyankar, A., Dunning, A. Wealth effects of convertible bond and convertible preference share issues: An empirical analysis of the UK market. *Journal of Banking and Finance*, 1999, 23(7): 336-352
- [2] Ait-Sahalia, Y., Lo, A. W. Nonparametric estimation of state price densities implicit in financial asset prices. *Journal of Finance*, 1998, 53(2): 499-547
- [3] Altintig, Z. A., Butler, A. W. Are they still called late? The effect of notice period on calls of convertible bonds. *Journal of Corporate Finance*, 2005, 11(1-2): 337-350
- [4] Amihud, Y. Illiquidity and stock returns: cross-section and time series effects. *Journal of Financial Markets*, 2002, 5(1): 31-56
- [5] Ammann, M., Kind, A., Wilde, C. Are convertible bonds underpriced? An analysis of the french market. *Journal of Banking and Finance*, 2003, 27(4): 12-27
- [6] Ammann, M., Fehr, M., Seiz, R. New evidence on the announcement effect of convertible and exchangeable bonds. *Journal of Multinational financial management*, 2006, 16(1): 16: 43-63
- [7] Ammann, M., Kind, A., Wilde, C. Simulation-based pricing of convertible bonds. *Journal of Empirical Finance*, 2008, 15(2): 310-331
- [8] Ammann, M., Kind, A., Seiz, R. What drives the performance of convertible-bond funds? *Journal of Banking and Finance*, 2010, 34(11): 2600-2613
- [9] Arshanapalli, B., Fabozzi, F. J., Switzer, et al. New evidence on the market impact of convertible bond issues in the U. S. *Finance Letters*, 2005, 3(3): 1-6
- [10] Artzner, G. J., Stover, R. D. The Effect of Forced Conversions on Common Stock Prices. *Financial Management*, 1989, 9(1): 39-45
- [11] Asquith, P., Mullins, D. W. Convertible debt: corporate call policy and voluntary conversion. *Journal of Finance*, 1991, 46(4): 1273-1289
- [12] Asquith, P. Convertible bonds are not called late. *Journal of Finance*, 1995, 50(4): 1275-1289
- [13] Ayache, E., Forsyth, P., Vetzal, K. Valuation of convertible bonds with credit risk.

- Journal of Derivatives, 2003, 11(1): 9-29
- [14] Barberis, N., Thaler, R. A survey of behavioral finance. Handbook of the Economics of Finance, Chapter 2003, 18: 1051-1128
- [15] Bardhan, I., Bergier, A., Derman, E. Valuing convertible bonds as derivatives. Goldman Sachs Quantitative Strategies Research Notes, 1994, July
- [16] Barone-Adesi, G., Bermudez, A., Hatgioannides, J. Two-factor convertible bonds valuation using the method of characteristics/finite elements. Journal of Economic Dynamics and Control, 2003, 27(10): 1801-1831
- [17] Basak S. A model of dynamic equilibrium asset pricing with heterogeneous beliefs and extraneous risk. Journal of Economic Dynamics and Control, 2000, 24(1): 63-95
- [18] Bechmann, K. L. Short sales, price pressure, and the stock price response to convertible bond calls. Journal of Financial Markets, 2004, 7(4): 427-451
- [19] Bermudez, A., Webber, N. An asset based model of defaultable convertible bonds with endogenous recovery. 2004, working paper
- [20] Beveridge, C., Joshi, M. Monte Carlo bounds for game options including convertible bonds. Management Science, 2011, 57(5): 960-974
- [21] Bielecki, T. R., Crépey, S., Jeanblanc, M., et al. Arbitrage pricing of defaultable game options with applications to convertible securities. Quantitative Finance, 2008, 8(8): 795-810
- [22] Bielecki, T. R., Crépey, S., Jeanblanc, M., et al. Convertible bonds in a defaultable diffusion model, 2009, Working paper
- [23] Black, F. Noise. Journal of Finance, 1986, 41(3): 529-543
- [24] Black, F., Derman, E., Toy, B. A one factor model of interest rates and its application to Treasury bond options. Financial Analyst Journal, 1990, 46(1): 33-39
- [25] Black, F., Scholes, M. The pricing of options and corporate liabilities. Journal of Political Economy, 1973, 81(3): 637-654
- [26] Blazenko, G. W. Managerial preferences, asymmetric information, and financial structure. Journal of Finance, 1987, 42(4): 839-862
- [27] Boris, A., Dwight, M. J., Alexei, T. Contingent convertible bonds and capital

- structure decisions, 2010, Working Paper
- [28] Brennan, M. J, Schwartz, E. S. Convertible bonds: Valuation and optimal strategies for call and conversion. *Journal of Finance*, 1977, 32(5): 66-86
- [29] Brennan, M. J., Schwartz, E. S. A continuous time approach to pricing bonds. *Journal of Banking and Finance*, 1979, 3(2): 133-155
- [30] Brennan, M. J., Schwartz E. S. Analyzing convertible bonds. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 1980, 15(4): 22-74
- [31] Brick, I. E., Palmon, O., Patro, D. K. Stock price response to calls of convertible bonds: still a puzzle? *Financial Management*, 2007, 36(2): 65-85
- [32] Buchan, M. J. Convertible bond pricing: Theory and evidence. Dissertation, Harvard University, 1997, unpublished
- [33] Buchan, M. J. The pricing of convertible bonds with stochastic term structures and corporate default risk. Amos Tuck School of Business, Dartmouth College, 1998, working paper
- [34] Buetow, G. W., Buell, S. G. An alternative call policy convertible debt. *Journal of Financial and strategic decisions*, 1995, 8(3): 27-41
- [35] Bühler W., Koziol C. Calling convertible bonds too late can be rational. EFA 2004 Maastricht Meetings Paper No. 4355, 2004
- [36] Butler, A. W. Revisiting optimal call policy for convertible. *Financial Analyst Journal*, 2002, 58(1): 50-55
- [37] Buraschi, A., Alexei, J. Model uncertainty and option markets with heterogeneous beliefs. *Journal of Finance*, 2006, 61(6): 2841-2897
- [38] Burlacu, R. New evidence on the pecking order hypothesis: the case of French convertible bonds. *Journal of Multinational Financial Management*, 2000, 10(3-4): 439-459
- [39] Byrd, A. K., Moore, W. T. On the information content of calls of convertible securities. *Journal of Business*, 1996, 69(1): 89-101
- [40] Campbell, C. J., Ederington, L. H., Vankudre, P. Tax shields, sample-selection bias, and the information content of conversion-forcing bond calls. *Journal of Finance*, 1991, 46(4): 1291-1324
- [41] Campbell, J. Y. Asset pricing at the millennium. *Journal of Finance*, 2000, 55(4):

1515-1567

- [42] Carayannopoulos, P. Valuing convertible bonds under the assumption of stochastic interest rates: An empirical investigation. *Quarterly Journal of Business and Economics*, 1996, 35(3): 125-143
- [43] Chan, A. W. H., Chen, N. F. Convertible bond under-pricing: renegotiable covenants, seasoning, and convergence. *Management Science*, 2007, 53(11): 1793-1814
- [44] Cheng, W., Visaltanachoti, N., Kesayan, P. A stock market reaction following convertible bond issuance: evidence from Japan. *International Journal of Business*, 2005, 10(4): 323-340
- [45] Choi, D., Getmansky, M., Tookes, H. Convertible bond arbitrage, liquidity externalities, and stock prices. *Journal of Financial Economics*, 2009, 91(2): 227-251
- [46] Choi, D., Getmansky, M., Henderson, B., et al. Convertible bond arbitrageurs as suppliers of capital. *Review of Financial Studies*, 2010, 23(6): 2492-2522
- [47] Christoph, K., Kees, V. S. Perpetual convertible bonds with credit risk. *Stochastics: An International Journal of Probability and Stochastic Processes*, 2008, 80(6): 585-610
- [48] Constantinides, G. M. Warrant exercise and bond conversion in competitive markets. *Journal of Economic Theory*, 1984, 13(3): 371-397
- [49] Constantinides, G., Grundy, B. D. Call and conversion of convertible corporate bonds: Theory and evidence. *Proceedings, Seminar on the Analysis of Security Prices*, CRSP, Graduate School of Business, University of Chicago, 1986: 35-69
- [50] Cowan, A. R. Non-parametric event study tests. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 1992, 2: 343-358
- [51] Cowan, A. R., Nayar, N., Singh, A. K. Underwriting and calls of convertible bonds. *Decision Sciences*, 2000, 31(1): 57-77
- [52] Cox, J. C., Ingersoll, J. E., Ross, S. A. A theory of term structure of interest rate. *Econometrical*, 1985, 53 (2): 385-407
- [53] Cox, J. C., Ross, S. A., Rubinstein, M. Option pricing: A simplified approach. *Journal of Financial Economics*, 1979, 7 (3): 458-472
- [54] Dai, M., Kwok, Y. K. Optimal policies of call with notice period requirement.

- Asia-Pacific Financial Markets, 2006, 12(4): 351-373
- [55] Davis, M., Lishka, F. R. Convertible bond with market risk and credit risk. Tokyo-Mitsubishi International plc, 1999, working paper
- [56] DeLong, B., Shleifer, A., Lawrence, S., et al. Noise trader risk in financial markets. *Journal of Political Economy*, 1990(a): 98 (4): 703-738
- [57] DeLong, B., Shleifer, A., Lawrence, S., et al. Positive feedback investment strategies and destabilizing rational speculation. *Journal of Finance*, 1990(b): 45 (2): 379-395
- [58] Derman, E., Kani, I. Riding on a smile. *Risk*, 1994, 7: 32-38
- [59] Domian, D. L., Reichenstein, W. Return-based styled analysis of convertible bond funds. *The journal of Fixed Income*, 2009, 18(3): 52-64
- [60] Duan, J. C. The GARCH option pricing model. *Mathematic Finance*, 1995, 5(1): 13-32
- [61] Duca, E., Dutordoir, M., Veld, C., et al. Why are convertible bond announcements associated with increasingly negative issuer stock returns? An arbitrage-based explanation. *Journal of Banking and Finance*, 2012, 36(11): 2884-2899
- [62] Duffie, D., Singleton, K. Modeling Term Structure of Defaultable Bonds. *Review of Financial Studies*, 1999, 12(4): 687-720
- [63] Dumas B, Kurshev A, Uppal R. Equilibrium portfolio strategies in the presence of sentiment risk and excess volatility. *Journal of Finance*, 2009, 64(2): 579-629
- [64] Dutordoir, M., Gucht, L. V. Are there windows of opportunity for convertible debt issuance? Evidence for Western Europe. *Journal of Banking and Finance*, 2007, 31(9): 2828-2846
- [65] Ederington, L. H., Goh, J. C. Is convertible bond call really bad news? *Journal of Business*, 2001, 74(3): 459-476
- [66] Egami, M. A game options approach to the investment problem with convertible debt financing. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 2010(34): 1456-1470
- [67] Ekkaryokkaya, P. Why are convertible bonds called late: Is it a notice period or the risk of financial distress? Working Paper, 2010
- [68] Emanuel, D. C. Warrant valuation and exercise strategy. *Journal of Financial Economics*, 1983, 12(2): 211-235

- [69] Epstein, D., Haber, R., Wilmott, R. Pricing and hedging convertible bonds under non-probabilistic. *Journal of Derivatives*, 2000, 7(4): 31-40
- [70] Ewing, R. E., Wang, H. A summary of numerical methods for time-dependent advection-dominated partial differential equations. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 2001, 128(1-2): 423-445
- [71] Fields, L. P., Mais, E., William, T. M. Conversion-forcing security calls: wealth transfers revisited. *International Review of Economics and Finance*, 1995, 4(1): 17-27
- [72] Foufas, G., Larson, M. G. Valuing Asian options using the finite element method and duality techniques. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 2008, 222(1): 144-158
- [73] Friedman, A. Stochastic differential equations and applications. *Probability and Mathematical Statistics*, Academic Press, New York, 1975
- [74] Gallmeyer, M., Hollifield, B. An examination of heterogeneous beliefs with a short sale constraint. *Review of Finance*, 2008, 12(2): 323-364
- [75] Gong, P., He, Z. W., Zhu, S. P. Pricing convertible bonds based on a multi-stage compound-option model. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2006, 366(1): 449-462
- [76] Grant, D., Vora, G., Weeks, D. Path-dependent options: Extending the Monte Carlo simulation approach. *Management Science*, 1997, 43(11): 1589-1602
- [77] Grau, A. J., Forsyth, P. A., Vetzal, K. R. Convertible bonds with call notice periods. 2003, working paper
- [78] Harris, M., Raviv, A. A sequent signaling model of convertible debt call policy. *Journal of Finance*, 1985, 40(5): 1263-1281
- [79] Hennessy, C. A., Tserlukevich, Y. Taxation, agency conflicts, and the choice between callable and convertible debt. *Journal of Economic Theory*, 2008, 143(1): 374-404
- [80] Ho, T. S. Y., Lee, S. B. Term structure movements and pricing interest rate contingent claims. *Journal of Finance*, 1986, 41(5): 1011-1029
- [81] Hull, J. *Options, futures and other derivatives (Fourth Edition)*: Prentice Hall, Inc. 2000

- [82] Hull, J., White, A. Pricing interest rate derivative securities. *Review of Financial Studies*, 1990, 3(4): 573-592
- [83] Hull, J., White, A. The general Hull-White model and super calibration. *Financial Analysts Journal*, 2001, 57(6): 789-812
- [84] Hung, M. W., Wang, J. Y. Pricing convertible bonds subject to default risk. *The Journal of Derivatives*, 2002, 10(2): 75-87
- [85] Ingersoll, J. E. A contingent-claims valuation of convertible securities. *Journal of Financial Economics*, 1977a, 4(2): 156-168
- [86] Ingersoll, J. E. An examination of corporate call policies on convertible securities. *Journal of Finance*, 1977b, 32(2): 463-478
- [87] Jaffee D., Shleifer A. Costs of financial distress, delayed calls of convertible bonds, and the role of investment banks. *Journal of Business*, 1990, 63(1): 107-123
- [88] Jalan, P., Barone-Adesin, G. Equity financing and corporate convertible bond policy. *Journal of Banking and Finance*, 1995, 19(2): 187-206
- [89] Jamshidian, F. An exact bond option pricing formula. *Journal of Finance*, 1989, 44(1): 205-209
- [90] Jarrow, R. Options on commodities under stochastic interest rates. *Advances in Futures and Options Research*, 1987, 2: 19-45
- [91] Jarrow, R. A., Turnbull, S. M. Pricing derivatives on financial securities subject to credit risk. *Journal of Finance*, 1995, 50(1): 200-236
- [92] Johnson, H. Options on the maximum or minimum of several assets. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 1987, 22(3): 277-283
- [93] Kahneman, D., Tversky, A. Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 1979, 47(2): 263-292
- [94] Kallsen, J., Kühn, C. Convertible bonds: financial derivatives of game type. 2005, working paper
- [95] Kang, J. K., Stulz, R. M. How different is Japanese corporate finance? An investigation of the information content of new security issues. *Review of Financial Studies*, 1996, 9(1): 109-139
- [96] Karatzas, J., Kou, S. G. Hedging American contingent claims with constrained portfolios. *Finance and Stochastic*, 1998, 2(3): 215-258

- [97] Kariya, T., Tsuda, H. Time dependent markov model for pricing convertible bonds. *Asian-Pacific Financial Markets*, 2000, 7(3): 79-98
- [98] Kifer, Y. Game options. *Finance and Stochastics*, 2000, 4(4): 443-463
- [99] Kim, Y. O., Kallberg, J. Convertible calls and corporate taxes under asymmetric information. *Journal of Banking and Finance*, 1998, 22(1): 19-40
- [100] Kimura, T., Shinohara, T. Monte Carlo analysis of convertible bonds with reset clauses. *European Journal of Operational Research*, 2006, 168: 301-310
- [101] King, R. Convertible bond valuation: An empirical test. *Journal of Financial Research*, 1986, 9(1): 458-478
- [102] King, R. D., Mauer, D. C. Corporate call policy for nonconvertible bonds. *Journal of Business*, 2000, 73(3): 403-444
- [103] King, R. D., Mauer, D. C. Determinants of corporate call policy for convertible bonds. Working Paper, 2012
- [104] Kogan, L., Ross, S., Wang, J., et al. The price impact and survival of irrational traders. *Journal of Finance*, 2006, 61(1): 195-229
- [105] Kovalov, P., Linetsky, V. Valuing convertible bonds with stock price, volatility, interest rate, and default risk. Working Paper, Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1113385>, 2008
- [106] Koziol, C. Optimal exercise strategies for corporate warrants. *Quantitative Finance*, 2006, 6(1): 37-54
- [107] Kuhlman, R. B., Radcliffe, C. R. Factors affecting the equity price impacts of convertible bonds. *Journal of Applied Business Research*, 1992, 8(4): 798-823
- [108] Kühn, C. Game contingent claims in complete and incomplete markets. 2002, working paper
- [109] Kwok, Y. K., Lau, K. W. Pricing algorithms for options with exotic path dependence. *Journal of Derivatives*, 2001, 9(1): 28-38
- [110] Kwok, Y. K., Wu, L. X. Effects of callable feature on early exercise policy. *Review of Derivatives Research*, 2000, 4(2): 189-211
- [111] Kyle, A. Continuous auctions and insider trading. *Econometrica*, 1985, 53(6): 1315-1335
- [112] Lando, D. On cox processes and credit risky securities. *Review of Derivatives*

- Research, 1998, 2-3: 99-120
- [113] Lando, D. Credit risk modeling. Princeton University Press, Princeton, NJ, 2004
- [114] Landskroner, Y. Pricing inflation-indexed convertible bonds with credit risk. Hebrew University of Jerusalem, Israel, 2002, working paper
- [115] Lau, K. W., Kwok, Y. K. Anatomy of option features in convertible bonds. *The Journal of Futures Markets*, 2004, 24(6): 513-512
- [116] Lewis, C. M. Convertible debt: Valuation and conversion in convertible capital structures. *Journal of Banking and Finance*, 1991, 15(3): 665-682
- [117] Liao, S. L., Huang, H. H. Valuation and optimal strategies of convertible bonds. *Journal of Futures Markets*, 2006, 26(9): 895-922
- [118] Limratanamongkol, P. Credit risk and liquidation cost: Effects on prices of convertible bonds, as well as conversion and call. Dissertation for Degree of Doctor of Philosophy, University of North Carolina, 2000
- [119] Loncarski, I., Horst, J. T., Veld, C. Why do companies issue convertible bond loans? An empirical analysis for the Canadian market. *Canadian Journal of Administrative Sciences*, 2008, 25(3): 214-236
- [120] Loncarski, I., Horst, J. T., Veld, C. The rise and demise of the convertible arbitrage strategy. *Financial Analysts Journal*, 2009, 65(5): 1-16
- [121] Longstaff, F. A. Option pricing and the martingale restriction. *Review of Financial Studies*, 1995, 8(4): 1091-1124
- [122] Longstaff, F. A., Schwartz, E. S. Interest rate volatility and the term structure: A two factor general equilibrium model. *Journal of Finance*, 1992, 47(4): 1259-1282
- [123] Margrabe, W. The value of an option to exchange one asset for another. *Journal of Finance*, 1978, 33(1): 177-186
- [124] Markolefas, S. Standard Galerkin formulation with high order Lagrange finite elements for option markets pricing. *Applied Mathematics and Computation*, 2008, 195(2): 707-720
- [125] Mauer, D. C. Optimal bond call policies under transaction costs. *The Journal of Financial Research*, 1993, 16(1): 23-37
- [126] Mazzeo, M. A., Moore, W. T. Liquidity costs and stock price response to convertible security calls. *Journal of Business*, 1992, 65(3): 353-369

- [127] McConnell, J. J., Schwartz, E. S. LYON taming. *Journal of Finance*, 1986, 41(3): 561-576
- [128] Merton, R. C. On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates. *Journal of Finance*, 1974, 29(2): 449-470
- [129] Myers, S. C., Majluf, N. S. Corporate financing and investment decisions when firms have information that investors do not have. *Journal of Financial Economics*, 1984, 13(2): 187-221
- [130] Ofer, A. R., Natarajan, A. Convertible call policies: An empirical analysis of an information-signaling hypothesis. *Journal of Financial Economics*, 1987, 19(1): 91-108
- [131] Rebonato, R. *Interest rate option models*. Wiley, New York, 1998
- [132] Roon, F., Veld, C. Announcement effects of convertible bond loans and warrant-bond loans: an empirical analysis for the Dutch market. *Journal Banking Finance*, 1998, 22(12): 1481-1506
- [133] Rosenberg, J. V. Nonparametric pricing of multivariate contingent claims. *Journal of Derivatives*, 2003, 10(3): 9-26
- [134] Rosenberg, J. V. Semi parametric pricing of multivariate contingent claims. Stern School of Business, New York University, New York, 1999, working paper S-99-35
- [135] Scheinkman, J., Xiong, W. Overconfidence and speculative bubbles. *Journal of Political Economy*, 2003, 111(6): 1183-1219
- [136] Seko S., Sawaki, K. The valuation of callable contingent claims. Presented at the 3rd World Congress, Bachelier Finance Society, 2004
- [137] Shimko, D. C. Bounds of probability. *Risk*, 1993, 6: 33-37
- [138] Sirbu, M., Shreve, S. E., A two-person game for pricing convertible bonds. *SIAM Journal on Control and Optimization*, 2006, 45(4): 1508-1519
- [139] Smith, C. W. Investment banking and the capital acquisition process. *Journal of Financial Economics*, 1986, 15(1-2): 3-29
- [140] Stein, J. C. Convertible bonds as backdoor equity financing. *Journal of Financial Economic*, 1992, 32(1): 3-21
- [141] Szymanowska, M., Horst, J. T., Veld, C. Reverse convertible bonds analyzed. *The Journal of Futures Markets*, 2009, 29(10): 895-919

- [142] Takahashi, A., Kobayashi, T., Nakagawa, N. Pricing convertible bonds with credit risk: A duffie-singleton approach. Faculty of Economics, University of Tokyo, 2001, working paper
- [143] Tsiveriotis, K., Fernandes, C. Valuing convertible bonds with credit risk, *Journal of Fixed Income*, 1998, 8(3): 95-102
- [144] Wilmott, P. *Derivatives: The theory and practice of financial engineering*. Wiley, New York, 1998
- [145] Xiong, W., Scheinkman J. Overconfidence and speculative bubbles. *Journal of Political Economy*, 2003, 111(6): 1183-1219
- [146] Yagi, K., Sawaki, K. The valuation of callable convertible bonds with call notice periods. 2005, working paper
- [147] Yang, J. Y., Choi, Y., Li, S. H., et al. A note on “Monte Carlo analysis of convertible bonds with reset clause”. *European Journal of Operational Research*, 2010, 200: 924-925
- [148] Yigitbasioglu, A. B. Pricing convertible bonds with interest rate, equity, credit and FX risk. ISMA Centre Discussion Papers in Finance, University of Reading, 2001, working paper
- [149] Yigitbasioglu, A. B., Alexander, C. An uncertain volatility explanation for delayed calls of convertible bonds. 2005, working paper
- [150] Ziegler A. A game theory analysis of options – contributions to the theory of financial intermediation in continuous time. Verlag: Springer, 1999. 1~10
- [151] 陈国进, 张贻军. 异质信念、买空限制与我国股市的暴跌现象研究. *金融研究*, 2009, 4: 80-91
- [152] 程功, 张维, 熊熊. 信息噪音、结构化模型与银行违约概率度量. *管理科学学报*, 2007, 10(4): 38-48
- [153] 龚利, 郭菊娥, 张国兴. 可进入与退出的不对称双寡头投资博弈模型. *中国管理科学*, 2010, 18(1): 52-57
- [154] 龚朴, 蒙坚玲. 基于期权博弈的可转换债券最优策略分析. *管理工程学报*, 2009, 23(1): 70-75
- [155] 龚朴, 赵海滨, 司继文. 可转换债券定价的有限元方法. *数量经济技术经济研*

华中科技大学博士学位论文

- 究, 2004, 2: 104-110
- [156] 何志伟. 复合期权与路径相关期权定价理论模型、数值模拟及应用研究. 华中科技大学博士学位论文, 2005
- [157] 何志伟, 龚朴. 可转换公司债券的巴黎期权特征. 管理学报, 2005, 2(2): 229-234
- [158] 赖其男, 姚长辉, 王志诚. 关于我国可转换债券定价的实证研究. 金融研究, 2005, 9: 105-121
- [159] 李念夷, 陈懿冰. 基于违约风险的三叉树模型在可转债定价中的应用研究. 管理评论, 2011, 23(12): 26-31
- [160] 李心丹, 王冀宁, 傅浩. 中国个体证券投资者交易行为的实证研究. 经济研究, 2005, 11: 54-62
- [161] 刘成彦, 王其文. 中国上市公司可转换债券发行的公告效应研究. 经济科学, 2005, 4: 99-108
- [162] 刘娥平. 中国上市公司可转换债券发行公告财富效应的实证研究. 金融研究, 2005, 7: 45-56
- [163] 刘舒娜, 陈收, 徐颖文. 可转换债券发行动因及股价效应研究. 系统工程, 2006, 24(1): 62-69
- [164] 刘彦文, 管玲芳. 基于期权博弈的商业银行贷款定价模型. 统计与决策, 2009, 2: 62-63
- [165] 马超群, 唐耿. 引入信用风险的可转债定价模型及其实证研究. 系统工程, 2004, 22(8): 69-73
- [166] 宋逢明. 金融工程原理. 北京: 清华大学出版社, 1999
- [167] 谭英双, 龙勇, 陈哲. 模糊环境下技术创新投资的期权博弈模型. 系统工程理论与实践, 2011, 31(11): 2095-2100
- [168] 王承炜, 吴冲锋. 上市公司可转换债券价值分析. 系统工程, 2001, 19(4): 25-29
- [169] 吴斌, 徐小新, 何建敏. 双边道德风险与风险投资企业可转换债券设计. 管理科学学报, 2012, 15(1): 11-21
- [170] 薛明皋, 龚朴. 具有专利的 R&D 项目实物期权评价. 管理科学学报, 2006, 9(3): 39-67

华中科技大学博士学位论文

- [171] 张圣平. 偏好、信念、信息与证券价格. 上海人民出版社, 2002.
- [172] 张维, 张永杰. 异质信念、卖空限制与风险资产价格. 管理科学学报, 2006, 9(4): 58-64
- [173] 张维, 李根, 熊熊, 韦立坚等. 资产价格泡沫研究综述: 基于行为金融和计算实验方法的视角. 金融研究, 2009, 8: 182-193
- [174] 张卫国, 史庆盛, 许文坤. 基于全最小二乘拟蒙特卡罗方法的可转债定价研究. 管理科学, 2011, 24(1): 82-89
- [175] 张峥, 唐国正, 刘力. 投资者群体差异与可转换债券折价—中国市场的实证分析. 金融研究, 2006, 11: 1-16
- [176] 赵俊强, 韩林, 李湛. 信用风险转移与银行表现——基于美国信用衍生品交易市场面板数据的实证研究, 金融研究, 2005(5): 147-159
- [177] 赵帅特. 基于计算实验金融的典型股票收益异象定价研究: [博士学位论文]. 天津: 天津大学, 2008
- [178] 郑振龙, 康朝锋. 可转换债券时间价值的理论与实证分析. 厦门大学学报(哲学社会科学版): 2006, 1: 110-117
- [179] 郑振龙, 林海. 可转换债券发行公司的最优策略. 财经问题研究, 2004, 11: 35-39
- [180] 周其源, 吴冲锋, 刘海龙. 可赎回可转换贴现债券完全拆解定价法. 管理科学学报, 2009, 4: 135-144
- [181] 朱宝军, 吴冲锋, 异质投资者与资产定价: 一个新的资本资产定价模型. 数量经济与技术经济研究, 2005, 6: 154-161
- [182] 朱艳芳, 张维. 基于风险价格均衡的可转换债券定价模型及实证研究. 天津大学学报(社会科学版), 2011, 13(6): 493-497

附录 1 攻读博士学位期间发表及完成的学术论文目录

- [1] 龚朴, 陈睿. 投资者异质信念下可转换债券赎回策略. 系统工程理论与实践, 2012, 32(3): 656-663
- [2] 龚朴, 陈睿. 房地产定价理论与方法研究. 中国房地产, 2012, 5: 3-11
- [3] Chen Rui, Gong Pu. Convertible bond pricing model based on copula approach, Management Science and Engineering (ICMSE), 2011 International Conference on Rome, 811-816 (EI 检索)
- [4] Rui Chen, Pu Gong. Valuing convertible bonds with stock price, interest rate and exchange rate, Economic Modelling, 审稿中
- [5] Rui Chen, Pu Gong. Convertible bonds pricing under heterogeneous beliefs, Insurance: Mathematics and Economics, 审稿中
- [6] 可转换债券三因素定价模型及其数值解法, 第六届风险管理国际研讨会暨第七届金融系统工程国际研讨会, 2009, 南京

附录 2 攻读博士学位期间参与的研究课题

- [1] 高等学校博士学科点专项科研基金——多因素复合期权定价理论模型和数值实现技术, 项目批准号, 20070487034, 起止时间: 2007.01-2009.12
- [2] 华中科技大学自主创新研究基金(重点项目)——VaR 框架下金融衍生产品风险管理集成系统, 起止时间: 2008.12-2010.12
- [3] 国家自然科学基金面上项目——信用衍生产品定价理论模型和数值模拟技术研究, 项目批准号, 70871049, 起止时间: 2009.01-2011.12
- [4] 教育部“国际金融危机应对研究”应急课题资助项目——VaR 框架下 SPAN 风险控制系统的开发与应用研究, 项目批准号: 2009JYJR021, 2009.04-2010.04
- [5] 国家自然科学基金面上项目——非理性预期下可转换债券定价模型及数值实现技术, 项目批准号: 71071067, 起止时间: 2011.01-2013.12
- [6] 高等学校博士学科点专项科研基金——战略导入的投资决策与风险管理理论建模、数值仿真及实证研究, 项目批准号: 20110142110068, 起止时间: 2011.01-2013.12