

学校编号：10384
学号：20051300681

分类号：_____ 密级：_____
UDC：_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

中国可转债市场定价效率研究

Study on Pricing Efficiency in Chinese Convertible Bond Market

赵铁龙

指导教师姓名：郑振龙教授

马成虎教授

林海副教授

专业名称：金融学

论文提交日期：2008年4月

论文答辩时间：2008年 月

学位授予日期：2008年 月

答辩委员会主席 _____

评 阅 人 _____

2008年4月

厦门大学学位论文原创性声明

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

声明人：

年 月 日

摘要

可转债是一种非常复杂的信用衍生产品。除了一般的债权之外，它包含着很多的期权，包括转股权、回售权、赎回权和转股价调低权。国内学者对中国可转债的定价做了大量工作，绝大部分集中在对可转债发行首日的定价研究上。研究结果发现，在发行首日，可转债的价格和其理论价格相比，存在着较大的差异，可转债价值被明显低估。

本文首先对可转债性质条款、国内外可转债市场的发展状况、可转债定价理论进行了定性分析。在郑振龙和林海(2004a)^[23]研究成果的基础上，利用中国可转债定价的具体模型，并通过具体的参数估计，对中国的可转债在整个存续期进行定价。研究结果发现，中国可转债在非转股期存在明显的低估现象，随着进入转股期，低估现象逐步改善，可转债理论价值和实际价格存在一个动态趋近的过程，在一定时期甚至出现高估现象。在此基础上，再对低估原因及各种影响因素进行了比较全面的定性和定量分析。在定性分析方面，认为影响中国可转债定价的因素包括：1.投资者不成熟，对可转债认识不足；2.中国证券市场交易制度不完善；3.可转债实际到期年限短于理论到期年限；4.股票市场对可转债市场的影响；5.流动性风险补偿；6.中国资本市场投机气氛严重。在定量分析方面，首先采用时间序列分析法具体分析各个可转债定价误差和可转债剩余期限、市场收益率、标的股票收益率之间的关系，发现可转债定价误差与剩余期限存在明显正相关关系，而和市场收益率和标的股票收益率没有明显的相关关系。然后，再采用横截面分析法分析可转债的定价误差和哪些因素有关，重点考虑以下因素：可转债发行规模、转股期限、赎回期限、回售期限，分析发现可转债平均定价误差和这些因素都存在一定的正相关关系。

影响可转债定价的因素非常之多，本文虽尽量多的进行了一些定性和定量的分析，但若要对这些因素进行全面完整的分析还任重而道远。

关键词： 可转债；定价；效率

Abstract

The Convertible Bond (CB) is a rather complicated credit derivative. Besides the common debt, it includes many options, such as conversion option, call option, put option and option to lower the conversion price. Scholars in China have conducted many researches in CB pricing, most of them focus on the first day of the CB issuing. Pricing results show that, on the first day of the CB issuing, CBs are significantly underpriced comparing with theoretical prices.

Firstly, the paper used qualitative analysis on convertible bond clauses, the development of the convertible bond market, both inside and outside China, and the convertible bond pricing theory. Based on the result of Zheng and Lin(2004a)^[23], I price the whole life of Chinese CB, using model of Chinese CB pricing and estimating parameters. The results show that, CBs are significantly underpriced in the period of non-conversion, but in the period of conversion, real prices dynamically converge to theoretical prices. Furthermore, the CBs are overpriced in some periods.

Then based on those results, we further investigate the rationale behind underpricing, by qualitatively and quantitatively techniques from a more general view. Regarding to the aspect of qualitative analysis, we thought that the reason that, CBs in China are being underpriced could be illustrated by some factors. For quantitative analysis, time series analysis technique is initially used to analyze the pricing error of different CBs and the relationships among remaining terms, market returns and returns on underlying stocks. It is obvious to conclude that the pricing error of different CBs has positive correlation with remaining terms while it has no obvious correlation with market returns and returns on underlying stocks. Then we use cross-section analysis technique to analyze what factors will influence the pricing error of CBs. The result shows that the pricing error of CBs has positive correlation with these factors.

Key words: Convertible Bond; Pricing; Efficiency.

目 录

1 导论	1
1.1 选题背景	1
1.2 国内外研究进展	2
1.3 研究思路与创新之处	3
2 可转债概述	6
2.1 基本性质和条款构成	6
2.1.1 基本性质.....	6
2.1.2 转换条款.....	8
2.1.3 回售条款.....	9
2.1.4 赎回条款.....	9
2.1.5 修正条款.....	11
2.2 国外可转债市场的发展状况.....	12
2.3 中国可转债市场的发展状况.....	13
3 可转债定价的一般理论模型概述	17
3.1 可转债定价理论的发展	17
3.2 可转债价值的简单分析.....	19
3.3 可转债中隐含的期权定价模型	21
3.3.1 解析方法——BS 期权定价理论.....	21
3.3.2 数值方法.....	23
3.3.3 四种定价模型的比较.....	25
4 中国可转债定价模型的设计	27
4.1 基于中国现实的几个重要推论	27
4.2 定价模型的确定	29
4.3 模型的参数估计	31
5 实证研究	34
5.1 数据来源和处理	34
5.2 实证结果	34

6 结论	40
6.1 研究分析和结论	40
6.1.1 定性分析.....	40
6.1.2 定量分析.....	41
6.1.3 结论.....	44
6.2 存在的问题	45
6.3 进一步的思考与建议	45
参考文献	46
致谢	48
附录	49

Contents

1 Introduction.....	1
1.1 Background	1
1.2 Ground works in this field.....	2
1.3 Research thoughtway and innovation.....	3
2 Overview of Convertible Bond	6
2.1 Basic properties and clauses.....	6
2.1.1 Basic properties.....	6
2.1.2 The Conversion option clause.....	8
2.1.3 The Call option clause.....	9
2.1.4 The Put option clause.....	9
2.1.5 The Option to lower the conversion price clause.....	11
2.2 Status of foreign Convertible Bond markets.....	12
2.3 Status of the Chinese Convertible Bond market.....	13
3 Overview of the theoretical model in Convertible Bond pricing	17
3.1 The development of theory on Convertible Bond pricing.....	17
3.2 A simple analysis on Convertible Bond value.....	19
3.3 The option pricing model in Convertible Bond.....	21
3.3.1 The analytical method——BS option pricing model	21
3.3.2 Numerical methods	23
3.3.3 Comparison among four pricing models	25
4 Design on Chinese Convertible Bond pricing model.....	27
4.1 Several important lemmas based on the reality of China	27
4.2 The Establishment of pricing model	29
4.3 Parameters estimation of the model.....	31
5 Empirical research.....	34
5.1 Data sources and processing	34
5.2 Empirical results	34
6 Conclusion	40
6.1 Analysis and conclusion.....	40
6.1.1 Qualitative analysis.....	40

6.1.2 Quantitative analysis.....	41
6.1.3 Conclusion.....	44
6.2 Problems	45
6.3 Further thoughts and suggestions	45
Reference.....	46
Postscript	48

1 导论

1.1 选题背景

可转换公司债券（简称：可转债）市场在中国处于初级阶段，但随着中国资本市场的发展，可转债越来越受到人们的重视，近年来发展也非常迅速。随着我国可转债市场的不断发展，我国学术界对国内可转债的定价研究也在迅速发展，但是在此方面的研究由于起步较晚，发展相对滞后。实际上，对于可转债的定价研究是从 2003 年我国可转债二级市场出现了不错的行情，从而才引起广大投资者注意的，但整个分析研究并不深入，主要表现在以下方面：

1、国内对可转债定价的初始研究主要集中在市场投资机构之中，大多为偏向二级市场的粗浅研究，大多学术研究只对西方研究的学术理论知识进行翻译和引用，并没有结合中国可转债市场进行实践方面的研究。但近年来以郑振龙为代表的学术界已经结合中国的实际情况对可转债进行了大量深入的研究，推动了中国可转债定价理论的发展，但对这些理论的具体应用相对不足，实证工作相对缺乏。

2、国内对于可转债定价研究大多只是对发行首日进行研究，并未对个存续期进行一个系统的研究，对相关影响因素的分析也较粗浅。这些都与我国可转债市场近两年快速发展的势头很不协调。

已有的研究表明（例如，郑振龙、林海(2004a)^[23]），在发行首日中国可转债的定价存在比较严重的低估现象。本文中的可转债市场定价效率指可转债市场价格对于理论价值的反映程度，两者相差越大说明市场定价效率越低，反之，则越高。本文采用一种常用的检验市场效率的方法：即比较市场价格和根据理论模型计算的理论价值之间的差别。已有研究表明（例如，郑振龙、康朝峰(2004)^[20]；郑振龙、康朝峰(2005)^[21]），中国可转债市场效率不高。

但随着中国可转债市场的不断发展，市场定价效率不断提高，这种低估现象有了一定程度的改善。本文将使用金融工程的一些基本方法，并结合中国可转债市场的实际，来研究中国可转债市场定价效率的时间演变和动态变化过程，并对

各种影响因素进行定性和定量的分析。

1.2 国内外研究进展

对于可转债的定价研究，国外在上世纪 70 年代之前就已经开始，从研究的发展过程看，可转债定价问题的研究可以分为三个阶段。

20 世纪 70 年代中期以前，可转债的理论研究主要集中在可转债基本概念的建立，转股价格的确定与调整方法上。对于定价本身，受限于理论方法与研究工具的落后，研究工作仅限于对可转债价值特征的描述上，没有进行深入研究。确定可转债价值的基本思路是：首先设定未来某个时点可转债的价值等于它的投资价值 IV (Investment Value)与转换价值 CV (Conversion Value)的极大值，即 $\max(IV, CV)$ ，然后用市场平均收益率对其进行贴现，得到的结果就是可转债的价值。这样的定价思路在整个 70 年代中期以前得到了广泛的应用。

70 年代中后期—80 年代中后期，Black-Scholes 期权定价理论诞生，这是金融学在理论方法上的一个重要成果。最早将期权定价方法应用到可转债定价中的应属 Brennan and Schwartz(1977)^[1]和 Ingersoll(1977)^[9]，他们通过分析公司价值（用市值表示）所遵循的随机过程来研究可转债的定价。Brennan and Schwartz(1979)^[2](1980)^[3](1988)^[4]在此基础上对可转债发行公司所采取的最优赎回政策等进行了更进一步的深入分析和研究。

80 年代后期到现在，这一阶段的重要成果是将 Monte Carlo 方法运用在金融产品定价中。由于可转债的价格都与标的股票价格的变化过程联系在一起，也就是都是以时间为变量；同时，可转债中隐含的期权是美式期权，具有提前执行的可能性，在数值求解上为典型的自由边界问题，而 Monte Carlo 方法可以说是“面向对象”的数值方法，可以较好地处理可转债的最优转换策略和最优赎回策略，这使得可转债的数值求解变得更加准确。

对可转债其他条款（包括赎回权、回售权和转股价调整权）和企业风险研究方面，大多数的可转债都规定：当公司股票价格在一定的交易日内连续超过转股价格达到一定比例时，公司有可能执行赎回政策。Kwok and Lau(2001)^[10]通过一种数值方法对此赎回政策进行了分析。在可转债信用风险的研究方面，Tsiveriotis and Fernandes(1998)^[13]将可转债分为股性和债性两个部分。股性部分使用无风险

利率进行贴现，债性部分使用无风险利率加上信用风险溢价进行贴现。在可转债定价研究中最复杂的转股价的调整方面，相关的研究比较少。

在中国，可转债的发展尚在初级阶段，但近年来发展迅速，国内对它的研究也有很大进展。杨如彦(2002)^[17]对可转债的融资特点以及定价方法做了一个比较系统的阐述。但是这些定价分析都站在投资者的角度，没有充分考虑到公司在可转债过程中的实际决策行为，比如赎回权的执行行为、受到回售压力而调整转股价的行为等。郑小迎、陈军、陈金贤(2000)^[19]利用Ito过程给出利率模型的一般表达式，再以零息债券的定价公式导出利率的精确模型，最后运用无风险套利原理得到可转债的双因素定价模型。王承炜、吴冲锋(2001)^[16]利用Monte Carlo模拟求得达到赎回条件和回售条件的概率，利用有限差分方法求解，认为回售条款在可转债价值中所占比重较小，因此对投资者的贡献也较小。张鸣(2001)^[18]将可转债的价值分成纯粹价值¹以及期权价值两部分，并且对机场可转债进行了案例研究，但该模型没有考虑赎回、回售条款以及提前转换的影响。范辛亭、方兆本(2001)^[14]以随机利率条件下企业可转债的定价模型为基础，利用有限差分方法以及二叉树方法进行了求解，并探讨了影响可转债价值的因素。周琳等(2003)^[25]以Black-Scholes模型为基础，结合具体的实例，对可转债的定价问题进行了探讨。龚朴等(2004)^[15]利用有限元方法求解了单因素的可转债定价模型，为可转债的定价方法提供了一条新的思路。郑振龙、林海(2004a)^[23](2004b)^[24]则利用金融工程学的基本原理和方法，在结合中国可转债市场实际情况的基础上对可转债发行公司的最优决策行为进行了深入具体的分析，并得出许多重要结论，并导出一个比较适合中国实际的可转债定价模型，为中国可转债定价奠定了坚实的理论基础，再通过具体的参数估计，对中国可转债的合理价格进行了研究，得到了“目前我国可转债发行首日的价格和其理论价值相比，存在较大的差异，可转债的价值明显被低估”的结论，本文的理论基础正是来源于此。

1.3 研究思路与创新之处

综上所述，国内外学者对可转债价值的研究方法仍是围绕经典的结构法和简

¹ 纯粹价值即纯债券部分价值。

化法²展开的，很少有对其时间演变及其动态变动过程进行深入分析的。由于可转债的条款结构非常复杂，特别是附加条款对其价值影响较大，中国可转债又有其特殊的背景，因此有必要立足于中国可转债市场的实际情况，运用具有针对性的理论模型，研究中国可转债市场定价效率的动态变动过程，使得实证结果更加具有参考价值，并对实际投资做出更有效的指导。

这正成就了本文的意义。郑振龙、林海(2004a)^[23]在中国资本市场特殊性的基础上，构造中国可转债定价的具体模型。本论文最重要的部分就是基于郑振龙、林海(2004a)^[23]的理论模型，研究讨论可转债市场定价效率的时间演变及动态变动过程，研究中国可转债市场定价效率是否改善，并且分析这些现象和哪些因素有关。研究发现，所选取样本的可转债实际价格和可转债理论价值之间都存在一个动态趋近过程，即随着时间推移，可转债实际价格和可转债理论价值越来越接近，说明中国可转债市场定价效率在不断提高。在此结论的基础上，本文继续分析可转债的折价幅度和哪些因素有关，找出了一些规律性的结论。

本文的创新之处在于：

1、在选题上有一定新意。国内有一些可转债定价方面的文章，但很少有对可转债理论价值的时间演变过程、可转债理论价值和其实际价格间差价的动态变动过程进行深入分析的。

2、本文立足于中国可转债市场的实际情况，选取的理论模型具有很强的现实针对性，在方法上综合使用解析方法和数值方法，充分考虑了转股价调整对可转债价值的影响，并把转换权、赎回权和回售权作为一个整体进行考虑，力求定价的准确性，使实证结果更加具有参考价值。

3、结合定量和定性的方法，分析了可转债折价幅度和哪些因素有关，得出了一些有意义的结论，可对实际投资可转债市场作出一定的指导。

论文结构安排如下：第二章是可转债的概述，包括其定义、性质及各项条款，并且介绍国内外可转债市场的发展状况；第三章介绍可转债定价理论的发展，重点介绍一种解析方法和三种数值方法；第四章介绍中国可转债定价的一

² 结构法通过研究公司的资本结构来研究可转债，这种方法中，最基本的状态变量是发行可转债公司的价值，公司的债券和股票是对公司价值的或有索取权。认为公司价值服从一个扩散过程，然后把公司债券看作是以公司价值为标的的看涨期权，这样基于公司债券的期权就是基于公司价值的复合期权。这种方法在理论上是一个非常好的框架，但是实际中，公司的价值并不能直接交易且很难观测，因此参数估计很困难。为了克服这个弊端，一些学者提出基于公司股价的可转债模型。和结构法对应，这种方法被称为简化法。

般理论模型；第五章节主要是本文的实证部分，包括数据来源和实证结果；最后第六章节是通过分析实证结果得出的研究结论，并展望未来研究的方向。

2 可转债概述

2.1 基本性质和条款构成

2.1.1 基本性质

可转换公司债券，即可转债，是一种可以在特定时间、按特定条件转换为普通股股票的特殊企业债券。自 1843 年美国纽约 Erie Railway 公司发行第一只可转债开始，可转债在世界资本市场上已有一百多年的历史。但由于缺乏可转债定价理论的支持，且市场定位比较模糊，所以在 20 世纪 70 年代前，可转债在全世界的发展都非常缓慢。直到 1970 年，随着期权定价理论的发展，可转债才逐渐被广大投资者关注。

可转债作为债券的一种，也具有票面利率、面值、发行规模和债券期限等基本条款要素。

1、发行规模。发行规模是由资产负债结构和公司投资项目的资金需求量等因素确定的。根据《上市公司发行可转债实施办法》和《可转债管理暂行条例》的规定，上市公司发行可转债的规模应不少于1亿元人民币，且发行后，其资产负债率不超过70%，累计债券余额不超过净资产的40%。由此可见，公司发行可转债的下限是1亿元，上限则取决于其资产负债率的要求。

2、票面面值。票面面值是指债券到期后应偿还给投资者的金额。它是确定转换比率的主要参考变量。根据我国2001年4月26日颁布的《上市公司发行可转债的实施办法》第十七条规定：我国可转债的面值为100元人民币，按面值发行，最小交易单位为1000元。

3、票面利率。票面利率是指发行时发行条件上写明的利率，在付息日支付给投资者的利息和面值之间的约定比率，可以是固定利率，也可以是浮动利率。票面利率主要由市场利率水平、公司信用等级和发行条件决定。一般来说，市场利率水平越高，票面利率水平越高，市场水平越低，票面利率水平越低；公司信用等级越低，票面利率越高，信用等级越高，票面利率越低。在国际资本市场上，可转债的票面利率一般比相同期限、相同信用等级的普通公司债券低20-30%。

可转债票面利率通常比普通债券低，根据我国《可转债管理暂行办法》，可转债的利率不得超过银行同期存款利率水平。虽然票面利率较低，但可转债对投资者的主要吸引是期权部分，所以这不影响可转债的发行。

4、存续期限。可转债的存续期限指发行日与到期日之间的距离。一般取决于公司的财务计划、股本安排、投资项目的收益和回收期限等。但由于可转债可以转换成股票，所以对应的实际债务较少，债券的期限可以比实际项目的期限短一些，当然这要建立在转股顺利的基础上。国际市场上可转债期限通常较长，一般在5-10年左右。而我国的可转债市场相对落后，为了降低技术操作的难度，减少投资人和发行人的风险，因此，发行期限规定的较短且伸缩的余地不大。目前，我国的《可转债管理暂行办法》规定，可转债的最短期限为3年，最长期限为5年，发行公司调整余地较小。存续期越长，市场利率变化的可能性越大，股价上涨的可能性就越高，可转债的转股价值可能就越大，同时所需票面利率越高，因而可转债投资价值就越大；反之，存续期越短则票面利率越低，转股升值空间也越小，可转债的投资价值也就越小。

可转债除具有普通债券的一般特征外，它还有自己的一些特殊特征，研究的时候要特别注意其和普通债券的不同之处，具体有：

1、可转债具有债权和股权两种性质，两者密不可分。转换前可转债属于债券，持有者为债权人，享受利息，发行者承担债务；转换后可转债是条款约定的基准股票，持有者成为公司股东，获得红利或资本收益，而发行人持有股权资本。

2、具有低于普通债券的固定利息。它的确定依据市场对公司未来股价的预期。长期股价往往预期会上升，因此投资者愿意接受目前较低的利息以拥有获得公司股票的期权。发行人通常会根据证券市场的情况，确定合适的票面利率，使公司的收益和风险组合达到最优化。

3、较低的信用等级。可转债是一种仅仅凭借发行人的信用而发行的债券，所评定等级一般比公司发行的一般债券要低。当公司破产时，可转债对资产的索赔权一般后于其他债券，但优于公司的优先股。

4、可以实现合理避税。可转债在转换成公司普通股以前的若干年里，公司所支付的利息可以作为固定开支作为企业成本计算，避免缴纳公司所得税。

5、条款设计灵活。鉴于可转债可具备的“多重身份”，我们可以通过加上回售条款、变更票面利率或赎回价格等手段设计满足不同需要的可转债，可以使其

带有更多的债券特点，也可以使其具有更多的股权特点。因而可转债又具有极大的灵活性。

国外可转债主要是一个转股条款，但中国可转债市场在推行之初遭受了一连串的失败，所以时至今日，我国的可转债市场在过去的重创下仍保留一些特殊的条款，包括赎回条款(Call Provision)、回售条款(Put Provision)和向下修正条款(Refix Clauses)，而国外可转债通常不具备这些条款，这是我国可转债与国外可转债的主要区别。接下来将具体介绍这些条款。

2.1.2 转换条款

可转债的转换条款规定了投资者在何种情况下可以行使转换权，主要包括转换比率、转换价格和转换期限等内容。

转换比率是指一个单位的债券能换成的股票数量。转换价格是指债券发行时确定的将债券转换成基准股票应付的每股价格。转换比率和转换价格的关系为： $\text{转换比率} = \text{单位可转债面值} / \text{转换价格}$ 。因此，当转换价格确定后，转换比率也就确定下来了。转换价格的确定直接关系到转股的成败，转换价格定得过高会降低可转债的投资价值，从而失去对投资者的吸引力，增大发行风险。转换价格定得过低，尽管具有较高的投资价值吸引投资者，但加大了公司股权及盈利的稀释程度，损害公司原有股东的利益。《上市公司发行可转债实施办法》规定转股价格的确定应以公布募集说明书前三十个交易日公司股票的平均收盘价为基础，并上浮一定幅度。转股价上浮比例的确定应主要考虑公司筹资成本、公司业绩变动及股价运动趋势等因素。

转换期限是指可转债可以转换为标的股票的起始日至截至日的期限。一般有以下几种情况：

- 1、发行一段时间后的某日至到期日前的某日；
- 2、发行一段时间后的某日至到期日；
- 3、发行日至到期日前的某日；
- 4、发行日至到期日。

我国可转债的管理办法只对转换期的起始日有规定，但对截止日没有具体规定。对起始日的规定主要有两种情形：第一种是未上市重点国企发行的可转债，

其转换期的起始日是该企业改制为股份有限公司且上市后；第二种则是上市公司发行的可转债，《可转债管理暂行办法》规定，上市公司在发行结束六个月后，持有人可以根据约定条件转换股份。而对转股截止日没有具体规定，国内可转债截止日一般都是可转债到期日。

2.1.3 回售条款

回售条款是指公司股价在一段时间内连续低于转股价格并达到某一幅度时，可转债持有人可以按事先约定的价格将所持有的债券卖给发行人。回售条款在一定程度上可以保护投资者的利益，是投资者向发行公司转移风险的一种方式。当可转债的转换价值远低于债券面值时，持有人必定不会执行转换权利，此时投资者可以依据一定的条件要求发行公司以面额加计利息补偿金的价格收回可转债。回售对于投资者而言实质上是一种卖权，即在一定条件下可以把可转债卖给发行人的一种权利，投资者可以根据市场的变化而选择是否行使这种权利。

回售条款一般包括回售条件、回售时间和回售价格几个要素。

回售条件分为无条件回售和有条件回售，无条件回售是指没有特别制定条件限制回售。有条件回售是指公司股票价格在一段时期内连续低于转股价格并达到某一幅度时，可转债持有人可以按事先约定的价格将所持债券卖给发行人。

回售时间根据回售条件分为两种：一种是固定回售时间，通常针对无条件回售，一般定在可转债存续期的 1/3 或一半之后。另外一种是不固定回售时间，这针对有条件回售而言，是指股票价格满足回售条件的时刻。

回售价格是事先约定的，一般高于可转债面值。回售条款使得可转债投资者的利益受到有效的保护，降低了投资风险，因此附有回售条款的可转债通常更受投资者的欢迎。

2.1.4 赎回条款

赎回条款，又称加速条款，是指在一定时间和条件下（如公司股价在一段时间内连续高于转股价格达到某一幅度时，如 120%-130%）公司有权按事先约定的价格买回尚未转换成股票的可转债。一旦可转债的转股价大于赎回价格，可转债持有人大多不会放弃其间的溢价，因此这一条款往往能促使可转债持有人将可

转债转换为该公司的股票，因此赎回条款又称为强制性转股条款。发行公司设计赎回条款的主要目的是降低发行成本，避免利率下调所造成的损失和加速转换过程，减轻财务负担。或者为了不让可转债的持有者过多地享受公司效益大幅增长所带来的回报而设计的一种保护性条款，是发行者向投资者转移风险的一种方式。赎回条款有利于发行人，它限制了可转债的回报率，使投资者在遇到标的股票价格长期且大幅上扬时，只能获取有限的增长利润。该条款的设计也保护了公司原有股东的利益，防止了大量转股造成对原有股东利益的稀释效应。由于赎回条款赋予了公司选择权，而降低了投资者获利的空间，因此赎回条款降低了可转债的价值。

赎回条款一般包括不赎回期、赎回时间、赎回条件和赎回价格几个要素。

不赎回期指在一段时间内，即使赎回价格和其赎回条件已经成熟，发行人也不得行使赎回权的条款。因此不赎回期越长，股价增长的机会越多，投资者以较高价格转股的概率越大，对投资者越有利。

赎回时间通常分为两种，一种是定时赎回，即除非是在约定的时间内，发行人不能赎回债券，这样对投资人加速转换的压力不大。第二种是不定时赎回，则只要股票价格持续高于转股价格一段时间就可以赎回，这样对投资人的压力较大，能够加速转股。

赎回条件指在标的股票的价格发生何种变化时，发行公司可以行使赎回权利，这是赎回条款中最重要的要素。赎回可以按条件分为无条件赎回和有条件赎回。无条件赎回是指公司在赎回期内按事先约定的时间和价格买回未转股的可转换公司债券，它通常对应定时赎回；有条件赎回是指在标的股票价格上涨到一定幅度，并且维持了一段时间之后，公司按事先约定的价格买回未转股的可转债，它通常对应不定时赎回。国外通常把股票价格达到或超过转换价格的 0%-15% 作为涨幅上限，同时在该价格水平上维持 30 个交易日作为赎回条件。我国多数可转债的赎回条件一般是要求股票价格达到或超过转换价格的 130%，且在该价格水平上维持 20 或 30 个交易日。

赎回价格是事先约定好的，它一般为可转债面值的 103%--106%，对于定时赎回，其赎回价格一般逐年递减，而对于不定时赎回，通常赎回价格除利息之外是固定的。

2.1.5 修正条款

向下修正条款，是指可转债在一定时期内，若基准股票的表现不佳，连续低于转股价一定水平且超过原定转股价的可能性很小时，公司董事会将有权或无条件向下修正转股价格，这样可以促使投资者将可转债转换成该公司的股票。同样地，这一条款保护了投资者的利益。特别向下修正条款主要是保障投资人在持有期内，因标的股票价格持续下滑乃至可转债价值也不断下跌时，公司可以按约定的时点进行转股价格的重新设定，促使调整后的转股价格较为接近目前的股票市价水平，否则原定的转股价格就会远远高出当前的股价，使得转股不能进行。特别向下修正条款的另外一项重要作用是，根据郑振龙，林海(2004b)^[24]的研究，当股价持续低于转股价格时，公司面临回售压力时，公司会调低转股价，使回售日可转债的价值超过其回售价，从而诱使投资者放弃回售权，减轻公司的财务压力。这是由于所有的可转债回售条件都比特别向下修正条款的条件更为苛刻，因此，特别修正条款也为发行公司的决策提供了更多地选择。

修正条款主要包括修正时期、修正条件、修正权限等基本要素。

修正时期是指可以对可转债转股价进行修正的时间段。

修正条件是指公司股价达到什么条件时可以进行转股价的调整。当发行公司发生股份拆分、公司合并、配股或发行新股、增发可转债、送红股和现金红利、出售资产等情况时，视条款规定，转换价格有可能做适当调整。

修正权限主要包含三个要点：第一个是修正权利，指当股价满足修正条件时，董事会是必须无条件执行修正还是可以有权选择修正，目前国内发行的可转债多是董事会有权修正；第二个是修正幅度，指在有权修正时，董事会可以在一定幅度内修正，若修正幅度超过原定限度需提交股东大会，经批准方可修正；第三个是修正次数，指一年内董事会可行使修正权的次数，目前一些国内的可转债修正次数不受限制，但大部分一年内不能超过一次。

这些特殊条款使得中国的可转债具有相当大的灵活性，是为适应中国金融市场的特殊情况服务的。然而，也正是因为这些条款的设立，使得对中国可转债的定价过程非常复杂。例如在二叉树模型中，当不存在向下修正条款时，可转债价格与股价达到这一终值的路径无关，只依赖于股价的终值，而向下修正条款使可转债价格不再与股价路径无关了，因为在不同的股价路径上，转换价格可能不同，

这就是所谓的“路径依赖”(Path Dependency)。因此我们在计算中国的可转债价格时需要充分考虑到中国的国情。这些条款共同作用于可转债的价格,导致可转债定价在理论上的复杂性。

2.2 国外可转债市场的发展状况

可转债最早出现在美国,1843年,美国的NEW YORK ERIE公司发行了世界上第一张可转债。19世纪末,美国铁路公司和电话公司开始利用可转债融资,可转债作为一种新的融资工具开始流行。但是由于美国可转债在此后相当长的一段时间内只通过店头市场进行交易,流动性较差,这在很大程度上阻碍了它的发展。20世纪90年代,由于美国信息产业等高科技产业的高速发展,同时又由于政府给高科技企业提供了优越的融资环境,使得美国高科技企业对利用可转债融资的需求迅速增长。到20世纪末,美国已经取代日本成为全球最大的可转债市场。据2000年相关统计数据,美国可转债市场规模为1800亿美元,日本和欧洲可转债市场规模均为1240亿美元,而亚洲除日本外其他国家可转债市场规模为310亿美元。2000年、2001年美国新发行可转债额度分别为610亿美元和1050亿美元。2002年春季美国新发行可转债份额为2700亿美元,超过前五年同期市场总和的两倍。到2003年,美国可转债市场规模已增加到3250亿美元,占据全球转债市场的半壁江山(53%)。截至2006年9月,美国的可转债市场规模约为2600亿美元,规模为全球最大。

世界上首次实现可转债在市场流通的国家是日本,该国于1970年建立起了可转债交易市场。正是由于日本可转债的流动性很好,加上两次很好的发展机会(1985—1989年的日本股市牛市行情和1995—1996年的日本经济部分复苏),日本在20世纪70—90年代一直拥有全球最大的可转债市场。但日本可转债市场在1996年后由于该国养老基金投资管制条例的改变以及金融危机爆发等原因进入了衰退期,至1999年美国可转债融资市场规模超过了日本。日本可转债市场的资本规模在最近几年出现了较大幅度的下降,所占全球份额不断下降:1996年为44%,1806亿美元;2000年为27%,1240亿美元;2003年为13%,770亿美元。

相对来说,欧洲的可转债市场发展起步较晚,20世纪80年代早期,美国、日本的企业开始到欧洲大陆债券市场上通过发行可转债进行融资,80年代末,英国

企业也开通了这一融资渠道。欧洲大陆国家的企业直到20世纪90年代才开始利用可转债这一融资工具，Dortmunder Verein 公司首次发行39万Thaler可转债，开辟了欧洲国家可转债融资的先河。欧洲国家在可转债出现的前期，可转债票面利率相对于其他债券偏低的情况在一定程度上阻碍了市场发展，但是受美、日可转债市场成功经验的影响，欧洲投资者开始越来越重视这一金融工具。1996年规模仅为日本市场1/3左右的欧洲转债市场，市场规模逐步扩大，保持了良好的发展势头，与逐年大幅下滑的日本市场形成鲜明的对比。发展到2000年欧洲转债市场规模为1240亿美元，已能与日本平起平坐，到2003年，市场规模1770亿美元，则已扩大为日本市场的两倍多，占全球总份额的1/4强。目前欧洲可转债处于蓬勃发展时期。

2.3 中国可转债市场的发展状况

中国可转债市场发展起步较晚，但近年来发展十分迅速。纵观中国可转债融资历史可见，中国可转债市场是在进入20世纪90年代以后，随着股票市场的建立而出现的。表2.1是对我国历年可转债的一些统计，从1998年开始，发行可转债公司的数量、成交量、成交金额及成交笔数都有了质的飞跃。

表 2.1 中国历年可转债情况汇总统计

年份	年末发行可转债 的上市公司数量	成交数量 (万手)	成交金额 (百万元)	成交笔数合计 (万笔)
1995	1	70905	676.85	36721
1996	0	0	0	0
1997	0	0	0	0
1998	1	833.45	2030.17	172571
1999	2	3133.54	4473.35	513702
2000	3	11717.48	13506.68	827248
2001	3	3684.55	4568.04	208841
2002	9	688.29	7369.7	191200
2003	23	5830.7	66338.72	665889
2004	32	5633.34	63726.37	736253
2005	29	4822.4	51345.76	507992
2006	26	2372.8	27450.02	322202

(数据来源：《2007 中国证券期货统计年鉴》)

在经济转型的特殊背景下，中国可转债的发展过程基本上可以分为三个阶

段。

1、探索期（1991-1995 年）

20 世纪 90 年代，随着中国股票市场的建立，中国可转债市场也开始起步。从 1991 年 8 月起，先后有琼能源、成都工益、深宝安、中纺机、深南玻等企业在境内外发行了可转债。其中，1992 年底发行、1993 年 2 月在深交所挂牌交易的宝安可转债是我国资本市场第一个 A 股上市的可转债。后来由于技术缺陷、公司业绩滑坡等原因，宝安可转债承受了转股失败的结果，最终转换的部分仅占发行总额的 2.7%，给公司带来了巨大的财务压力；中纺机可转债遭受了巨大的外汇损失；南玻可转债则遭受了投资者提前回售的结果。这些失败使得发行公司和投资人都遭受了巨大的损失，最终导致了我国可转债市场的几年停滞，而同期的股票市场却有了迅猛发展。尽管可转债市场开局不利，但还是给国内可转债市场的进一步发展留下了一些宝贵的经验，例如在设计可转债的转股价格时，要考虑股市的非正常的、剧烈的波动，制定更加灵活的转股价调整条款；需要选择合适的发行时间，应尽量避免在标的股票高涨时发行，以避免股价下跌带来的提前回售风险。

2、培育期（1996—2000 年）

这个阶段是以 1996 年政府决定再次选择重点国企进行可转债的试点工作为基础的。1997 年 3 月，《可转债管理暂行办法》出台，接下去三年时间内，南宁化工、吴江丝绸和茂名石化三家非上市公司先后发行可转债，中国的可转债市场重新恢复了生机。

这一阶段和第一阶段可转债的发行尝试有本质的区别，是中国可转债发展史上第一次规范化的运作。上述三只可转债在发行时机、发行条款上比以往更加审慎和细致，在许多方面也颇有创新。但由于是未上市公司发行可转债，其转股标的股票是未来上市的股票，因此在某些方面显示出特殊的性质。例如，这三只可转债都设置了“到期无条件强制性转股条款”，投资者到期必须转股，这意味着这三只可转债是“必转”债券而非“可转”债券，所以从本质上来说，这三只可转债属于股权融资而非债权融资。这次未上市企业发行可转债实现了转股，让发行者获得了需要的资金，而投资者也获得了利润，为接下去上市公司发行可转债做了很好的铺垫工作。

由于上市公司可转债第一阶段的惨痛教训，管理层对上市公司发行可转债一

直非常谨慎。2000 年虹桥机场和鞍钢新轧可转债发行，这是深宝安可转债发行后，上市公司第一次被允许进入可转债市场。培育期阶段存在着非常特殊的现象，就是转股速度过快。鞍钢可转债的发行处于股价低迷期，转股价的定位较低，伴随股价的高涨，大部分投资者都抱着获利落袋为安的想法，迅速完成转股，在进入转股期最初的 11 天内就有近 70%的可转债转换成股票，最终在半年多一点的时间内鞍钢可转债就基本完成了转股。机场可转债也在发行后一年多的时间内就实现近一半数量的转股。究其原因，主要是因为受深宝安转股失败教训，为了顺利实现转股目标，发行公司转股价设定较低，可转债价值出现被低估的情况，另外，伴随着股价上涨，大部分投资者都选择获利了结而转股。

3、发展期（2001 年至今）

2001 年 4 月，中国证监会颁布了具有里程碑意义的《上市公司发行可转债实施办法》及《上市公司发行可转债申请文件》、《可转债募集说明书》和《可转债上市公告书》三个配套文件，它们从政策上保证和强调了可转债合法的市场地位。自 2001 年开始，可转债市场发行规模迅速扩大，发行或准备发行可转债的上市公司数量迅速增加，中国资本市场出现了一股“可转债热”。据不完全统计，自《实施办法》发布之后至 2002 年初的半年多时间里，推出发行可转债计划的上市公司高达 53 家，拟融资总额超过了 400 亿元，虽然其中大多数企业的发行计划最后并未能顺利实现，但也反映了企业对可转债市场的高度关注。2002 至 2004 年是中国股市三年熊市，也是我国可转债市场发展最快的三年。特别是 2003 年和 2004 年可转债的融资额超过了当年增发和配股的融资总额，成为上市公司再融资的首选。2005 年由于股权分置改革，可转债的发行处于停顿甚至后退状态。2006 年 5 月 8 日，中国证监会正式发布实施《上市公司证券发行管理办法》，使停止一年多的再融资开闸，使我国的可转债市场迎来又一个繁荣期。2006 年我国可转债筹资达到 40 亿元，多只可转债涨幅喜人，我国可转债市场的发展进入了一个新的阶段。但与发达国家成熟的可转债市场比起来，我国的可转债市场处于刚刚起步的阶段，规模较小，发展水平很低，相对股票市场的发展也显得滞后。截至 2007 年 6 月底，我国沪、深两市股票的市价总值 16 万亿元，流通市值 16007.41 亿元，而上市可转债仅 35 只，市价总值仅为 500 多亿元人民币，数量少，规模小，这是我国目前可转债市场最明显的特征之一。如果将可转债市价总值与 A 股市价总值的比例作为相对规模的衡量标准，我国的这一比例为 0.32%，而美国

的这一比例为 1.15%，日本为 8.15%，印尼为 2.59%。因此，无论与发达国家相比，还是与周边国家的证券市场相比，中国可转换债券市场都明显落后于其它国家（地区）。

随着股改的启动，2005年后，国内证券市场再融资几乎停滞，可转债市场规模呈现了下降，但可预见在股改结束后，可转债市场将迎来新的发展高潮，特别是进入2008年以后，股票市场震荡整理，大量债券型基金发行，债券需求增加，债券市场逐渐走出低迷，对债券的收益率预期大大上升，与此同时，股票市场的牛市根基并未改变，投资者对股市长期走势还是一致看好，这给兼具股性和债性的可转债带来了绝佳的发展时机。

3 可转债定价的一般理论模型概述

3.1 可转债定价理论的发展

可转债这种兼具股性和债性的金融工具在国际上和国内都受到了投资者的广泛欢迎，近年来发展也颇为迅速。相对于可转债发展150年的运作实践，定价理论的发展显得十分滞后。在20世纪70年代中期以前，理论界对可转债的研究主要集中在可转债基本概念的建立、转换价格的确定与调整方法等方面。对于定价本身囿于理论方法与研究工具的落后，大部分工作仅限于对可转债价值特征的大致刻画上，无法展开深入的讨论。20世纪70年代中期，BS期权定价理论的问世，使得可转债的定价研究进入了飞速发展的阶段。关于可转债定价的真正研究是从Ingersoll(1977)^[9]和Brennan and Schwartz(1977)^[11]对可转债定价的学术论文发表开始的。

经过三十多年的发展，可转债定价理论已日趋成熟，各种理论方法层出不穷，但总体上可以概括为结构法(Structural Approach)和简化法(Reduced-Form Approach)两种模型体系。接下去本文将分别介绍这两种体系。

1、结构法模型

结构法模型通过研究公司的资本结构，假定可转债的价值是公司市场价值和时间的函数，并且公司市场价值满足一个随机过程，以此思路为可转债进行定价。按照影响可转债价值因素的个数划分，结构法模型又分为单因素和双因素模型。

最早将BS期权定价理论应用于可转债定价问题的是Ingersoll(1977)^[9]和Brennan and Schwartz(1977)^[11]。在他们的模型中，可转债的价值只依赖于公司价值这一个标的变量。他们假设公司价值的变化服从几何布朗运动，并运用BS期权定价方法，采用风险中性技术和风险对冲导出可转债价值满足的偏微分方程，再利用无套利原理，根据可转债的条款如转换条款、赎回条款、回售条款等确定可转债的最优策略，由此确定偏微分方程的边界条件和终值条件，最后利用偏微分方程的数值算法计算可转债的价值。由于在他们的模型中，公司价值是不可交换的资产，而且假定利率的期限结构是水平的，未考虑利率变化对可转债价值的

影响，因此他们的模型属于一种单因素模型。

结构法双因素模型包括Brennan and Schwartz(1980)^[3]模型、Carayannopoulos(1996)^[5]模型和 Nyborg(1996)^[12]模型。

双因素模型比单因素模型多考虑了利率因素。Brennan and Schwartz(1980)^[3]使用Vasicek利率模型提出了双因素模型，但是由于他们推导出随机利率的期限结构对可转债价值的影响很小，所以在实证中忽略了利率因素。Carayannopoulos(1996)^[5]在利率模型选取上使用了CIR(Cox-Ingerson-Ross)模型，这是与 Brennan and Schwartz(1980)^[3]双因素模型的不同之处，并且做了经验检验。Nyborg(1996)^[12]对 Brennan and Schwartz(1980)^[3]模型进行了扩展，其使用的利率和公司价值随机过程和Brennan and Schwartz(1980)^[3]模型中的一样，创新之处在于考虑了有回售条款和浮动息票支付条件下的可转债定价。

无论是结构法单因素模型还是结构法双因素模型，最重要的变量都是公司价值。然而由于公司价值在市场中不能直接交易和不可观测，这使得参数的估计很困难，而且得不到一致估计。因此，结构法在实际应用中存在很大困难，由此就有了便于实际操作的简化法模型。

2、简化法模型

简化法模型由McConnell and Schwartz(1986)^[11]最早提出，其特征是可转债定价以公司股票价格为基本变量，而不是公司价值。相对于公司价值来说，公司股价可以直接观察到，并且股票价格的运动过程也较易刻画，因此基于股价运动的定价模型要较基于公司价值运动的定价模型更加便于操作。按照影响可转债价值因素的个数划分，简化法模型又可分为单因素、双因素与三因素模型。

简化法单因素模型主要有McConnell and Schwartz(1986)^[11]模型、Goldman Sachs(1994)^[7]模型和 Tsiverioti and Fernandes(1998)^[13]模型。

McConnell and Schwartz(1986)^[11]首先建立了以股票价格为基础变量的定价模型。模型假定在风险中性世界中，发行公司的股票价格遵循波动率为常数的几何布朗运动，利用BS定价理论推导出可转债价值所满足的偏微分方程，并通过确定方程的边界条件求出可转债的理论价值。但是该模型未考虑发行公司信用风险对可转债价值的影响。在高盛公司提出的高盛模型Goldman Sachs(1994)^[7]中，作者利用股价运动的二叉树模型来计算可转债的理论价值。相对于McConnell and Schwartz(1986)^[11]模型，该模型最大的进步在于对未来现金流进行贴现时，

考虑到可转债的信用风险，采用经过信用风险调整的贴现率。Tsiverioti and Fernandes(1998)^[13]在高盛模型Goldman Sachs(1994)^[7]基础上进行了进一步的完善，提出带有外生性的信用利差模型。该模型认为利率的随机波动对可转债的价格影响比较小，可以忽略不计，因此可转债就可以看作只是标的股票的衍生品，因此他们的模型依旧是单因素模型。

为了考虑尽可能多的影响可转债价值的因素，国外许多学者将利率不确定因素加入到了基于股价运动的定价模型中，从而产生了基于股价与利率随机运动的可转债定价双因素模型。Ho and Pfeffer(1996)^[8]提出了基于股价运动的可转债定价双因素模型。Ho and Pfeffer(1996)^[8]模型相对于高盛模型Goldman Sachs(1994)^[7]模型和Tsiveriotis and Fernandes(1998)^[13]模型的优点是考虑了利率的波动对可转债价格的影响，并且对股价运动的模拟考虑了将违约风险补偿加入到股价运动模型的漂移率之中。但是模型对利率波动的模拟忽略了利率波动的均值回复特性，并且模型认为信用风险利差是不变的，这一点也不符合实际情况。

为了更准确的对可转债进行定价，Davis and Lischka(1999)^[6]提出了一个可转债定价三因素模型。在二因素之外再加入一个违约风险因素，即认为可转债的价格波动取决于三个因素：利率、股价和违约风险。在这个模型中，利率模型使用拓展的Vasicek模型，从而不仅可以根据初始利率期限结构进行校准而且具有均值回复的特征，较好地模拟了利率的运动。股价的随机波动模型中将违约风险补偿考虑进股价漂移率之中，更加符合现实。该模型的一个创新之处是加入了对违约风险(称为风险率Hazard Rate)的度量，而不再认为信用风险利差是不变的常数，从而可以更加精确地对可转债进行定价。

3.2 可转债价值的简单分析

可转债是一种混合型的金融产品，从形式上看可转债近似于普通公司债券与认股权证的组合体。从可转债的价值构成来看，可转债可以视为普通债券与股票买权的组合。在很多有关期权文献中已证明不支付红利的美式期权是不会提前执行的，与相应的欧式期权等价。鉴于我国股票红利支付水平低，而且可转债转股价随红利支付调整，等于没有红利，可转债的持有者是不会提前执行转股权的。所以在不考虑赎回条款下，由于转股规则和套利行为的限制，且当可转债对应的

标的股票不支付现金红利，我们认为可转债不应提前转股，那么可转债的隐含股票期权部分可以看成是欧式看涨期权。本文将没有其他条款的可转债称为基本可转债，那么基本可转债的价值为：

基本可转债的价值=可转债的债券部分价值+欧式看涨期权价值

若进一步考虑赎回、回售、转股价调低条款，可转债价值可以表示为：

可转债的价值=可转债的债券部分价值+欧式看涨期权价值+回售权价值+特别向下修正权价值-发行公司赎回权损失

可转债的债券部份定价：这部分比较简单，可转债基本上是每年付息一次，到期偿还本金。那债券投资价值可用现金流折现的方法来计算。接下去我们分析关键的可转债中隐含的期权部分的定价。

假定不考虑可转债方案中的附属条款，同时假定可转债对应的股票不支付红利或支付的红利足够小，可转债不会被提前转股，可转债中隐含的期权部分价值可以用欧式看涨期权的定价方法来计算。欧式看涨期权的Black-Scholes定价公式为：

$$C = SN[d_1] - Xe^{-r(T-t)}N[d_2]$$

$$d_1 = \frac{[\ln(s/x) + (r + \frac{\sigma^2}{2})(T-t)]}{\sigma\sqrt{T-t}}, d_2 = \frac{[\ln(s/x) + (r - \frac{\sigma^2}{2})(T-t)]}{\sigma\sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$$

对于赎回条款和回售条款的定价，目前国内采用的方法主要是蒙特卡罗模拟方法，关于这方面的研究，可参见王承炜等(2001)^[16]的研究。而对于特别向下修正条款的研究，由于涉及到路径相关的期权定价研究，国内外目前的研究还很少，但是本文所参考的理论模型郑振龙、林海(2004a)^[23]从实际出发考虑向下修正条款，使得定价更加接近现实，认为由于发行公司最优决策是实现转股，所以当公司面临回售压力时，公司将调低转股价以阻止回售。

上述以Black-Scholes期权定价为基础的定价模型，通过对可转债所隐含的期权进行人为的分解，虽然显得直观、清晰，但是由于上述隐含期权是一个有机复合的整体，如转换权与赎回权在可转债的价值中都具有排他性，即一旦执行了转换权，赎回权就会自动消失；而执行了赎回权，转换权的价值也会自动消失。因此在定价可转债时，不能通过分别计算赎回权、回售权以及转换权，再通过简单叠加来定价可转债，而必须在统一的框架中讨论其定价问题。本文正是通过综合

运用金融工程的一些基本方法，并且结合中国资本市场的实际，将转股权、赎回权、回售权以及转股价调低权作为一个整体进行考虑，确保定价更加精确。

3.3 可转债中隐含的期权定价模型

期权是一种金融衍生产品，其价格是以对应标的（如股票价格）为基础，受标的资产价格波动率及无风险收益率等参数影响。目前国际上流行的确定可转债中隐含的期权价格的方法主要有四种，其中一种是解析方法，即Black-Scholes模型，其他三种是数值方法，即二叉树模型、蒙特卡罗模拟和有限差分法。

这四种方法都基于如下假定：

- 1、股价变动比例遵循一般化的维纳过程，该假定等价于股票价格服从对数正态分布；
- 2、允许使用全部所得卖空派生证券；
- 3、没有交易费用和税收；
- 4、不存在无风险套利机会；
- 5、无风险利率为常数。

下面我们将具体介绍这四种方法。

3.3.1 解析方法——BS 期权定价理论

Black-Scholes公式是期权定价最常用的模型，该模型主要用于对欧式期权的定价，在本文中主要用于对可转债隐含的转股权的定价。

Black-Scholes期权定价公式及其推导Black-Scholes公式的基本思路是：期权的价格和股票的价格都受同一基本的不确定因素的影响，二者遵循相同的维纳过程。首先假设股票价格遵循几何布朗运动：

$$ds = \mu s dt + \sigma s dz$$

如果建立一个包含恰当的期权头寸和股票头寸的证券组合，可以消除维纳过程，股票头寸与期权头寸的盈亏也将相互抵消。由于该证券组合为无风险的证券组合，在不存在无风险套利机会的情况下，该证券组合的收益等于无风险利率，由此可以得到欧式看涨期权价格的Black-Scholes公式微分方程：

$$\frac{\partial C}{\partial T} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} + rS \frac{\partial C}{\partial S} = rC$$

其中， C 为期权的价格， S 为股票的现价， r 为无风险利率， σ 为波动率， T 为期权的到期时间。

该方程包含了一个重要的性质：消去了预期收益率 μ ，也就意味着它不包含任何受投资者的风险偏好影响的变量，因为 μ 的值依赖于风险偏好，对于任何给定的股票，投资者风险厌恶的程度越高， μ 的值就应该越大。由于受制于主观的风险收益偏好的标的证券预期收益率 μ 并未包含在方程中，因此我们可以提出一个简化的假设，所有投资者都是风险中性的。在一个所有投资者都是风险中性的世界里，所有证券的预期收益率皆是无风险利率。这样，通过风险中性定价，将未来期权的期望值用无风险利率折现就可以得到期权的现值。

在风险中性的情况下，欧式看涨期权到期日的价值为：

$$E[\max(S_T - X, 0)]$$

其中， X 为期权的执行价格， $E[\]$ 表示期望值， S_T 为到期日股票的价格。将未来期望值用无风险利率贴现可得到期权的现值：

$$c = e^{-r(T-t)} E[\max(S_T - X, 0)]$$

假定股价服从对数正态分布，经过一系列的推导可得：

$$C = SN[d_1] - Xe^{-r(T-t)} N[d_2]$$

$$d_1 = \frac{[\ln(s/x) + (r + \frac{\sigma^2}{2})(T-t)]}{\sigma\sqrt{T-t}}, d_2 = \frac{[\ln(s/x) + (r - \frac{\sigma^2}{2})(T-t)]}{\sigma\sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$$

其中：

C ：欧式看涨期权的价格

S ：股票现价

X ：期权的执行价格

r ：无风险利率

$N(x)$ ：标准正态分布变量的累计概率分布函数，即该变量小于 X 的概率

T ：期权的到期时间

t ：现在的时间

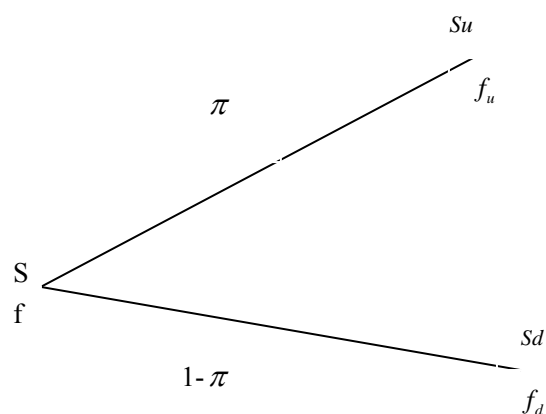
3.3.2 数值方法

3.3.2.1 二叉树期权定价模型

二叉树模型是运用风险中性定价原理对期权定价的数值方法，由 J.C.Cox、S.A.Ross and M.Rubinstein 于1979年首先提出，目前已成为金融界最基本的期权定价方法之一。

假设在任何一个给定时间，金融资产的价格以事先规定的比例上升或下降。如果资产价格在时间 t 的价格为 S ，它可能在时间 $t + \Delta t$ 上升至 Su 或下降至 Sd （其中， $u > 1, d < 1$ ）。假定对应资产价格上升至 Su ，期权价格也上升至 f_u ，如果对应资产价格下降至 Sd ，期权价格也降至 f_d 。当金融资产只可能达到这两种价格时，这一顺序称为二项程序，如下图所示：

图3.1 单步二叉树定价模型



应用风险中性定价法，可求得：
$$\pi = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}, \quad u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}, \quad d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

其中： σ 代表收益率的年标准差， Δt 代表步长，它等于到期日（以一年的一部分表示）除以二项式模型使用的步数， r 代表连续复利无风险利率。

下面具体说明用二叉树模型推导期权价值的方法。

当时间为0时，证券价格为 S 。时间为 Δt 时，证券价格要么上涨到 Su ，要么下降到 Sd ；时间为 $2\Delta t$ 时，证券价格就有三种可能： Su^2 、 Sud （等于 S ）和 Sd^2 ，以此类推。一般而言，在 $i\Delta t$ 时刻，证券价格有 $i+1$ 种可能，他们可用符号表示为：

$$Su^j d^{i-j}, \quad \text{其中 } j=0,1,\dots,i, u=\frac{1}{d}$$

在得到每个节点的资产价格后，就可以在二叉树模型中应用倒推定价法，从树型结构图的末端 T 开始往回倒推。由于在到期 T 时刻的预期期权价值是已知的，比如说看涨期权的价值为 $\max(S_T - X, 0)$ ，因此在风险中性条件下求解 $T-\Delta t$ 时刻的每一个节点的期权价值时，都可以通过将 T 时刻的期权价值的预期值在 Δt 时间长度内以无风险利率 r 贴现求出。同理，要求解 $T-2\Delta t$ 时的每一结点的期权价值时，也可以将 $T-\Delta t$ 时的期权价值预期值在 Δt 时间内以无风险利率 r 贴现求出，以此类推。采用这种倒推法，最终可以求出零时刻（当前时刻）的期权价值。

3.3.2.2 蒙特卡罗模拟

与二叉树模型相似，蒙特卡罗模拟也是运用风险中性定价原理对期权进行定价的数值方法，适用于欧式期权的定价。蒙特卡罗模拟方法是常用作期权定价的数值方法，同时该方法也可以应用于金融风险的度量估算等很多领域。下面将介绍用蒙特卡罗模拟定价期权的思路。

在风险中性世界中，不考虑红利支付的股票价格遵循的过程可以写作：

$$dS = uSdt + \sigma Sdz$$

为了模拟股票价格的路径，把模拟期间分为 N 个长度为 Δt 的时间段，则式 $dS = uSdt + \sigma Sdz$ 的近似方程为：

$$S(t + \Delta t) - S(t) = uS(t)\Delta t + \sigma S(t)\varepsilon\sqrt{\Delta t}$$

式中， S 表示股票， u 表示股票在单位时间内的预期收益率， σ 表示股票收益率单位时间的标准差， dz 表示标准布朗运动， $S(t)$ 代表 t 时刻 S 的价格， ε 是从标准正态分布中抽取的一个随机样本。

这样，只要知道初始时刻的股价 S ，通过不断从标准正态分布样本中抽取 ε

的值，代入 $S(t + \Delta t) - S(t) = uS(t)\Delta t + \sigma S(t)\varepsilon\sqrt{\Delta t}$ 式，就可以得到股票价格运动的一条路径。通过多次模拟也就得到了多条股票价格运动路径，当然也得到多个 T 时刻的股价，同时也得到了多个 T 时刻期权价值，再通过简单的算术平均得到 T 时刻期权的预期收益。运用风险中性定价思想，把未来 T 时刻期权的预期收益用无风险利率折现就可以得到当前时刻期权的价格。

3.3.2.3 有限差分方法

有限差分法是通过数值方法求解衍生品所满足的微分方程来为衍生品定价的。该方法先将衍生证券所满足的偏微分方程转化成一系列近似的差分方程，即用离散算子逼近式中的 $\frac{\partial C}{\partial T}$ 、 $\frac{\partial C}{\partial s}$ 和 $\frac{\partial^2 C}{\partial s^2}$ 各项，之后用迭代法求解，得到期权价值。有限差分法是用有限的离散区域来替代连续的时间和资产价格，它有两种基本方法，显性和隐性有限差分方法，显性方法计算比较直接方便，无需像隐性方法那样需要求解大量的联立方程，工作量小，易于应用。总的来看，有限差分方法的基本思路和二叉树方法相同，都可以用来求解美式期权的价格。

3.3.3 四种定价模型比较

上述四种方法除了BS方法是解析方法，其他三种都是数值方法。

BS方法的优点主要有下面几个：第一，只有该方法才能得到套期保值参数和杠杆效应的解析表达式，从而为衍生产品的交易策略提供定性和定量的结论；第二，解析解本身没有误差；第三，当需计算的期权数量较小时，直接套用公式比较方便。但是，BS方法只能用于对欧式期权进行定价，而且，该方法也难以处理期权价格依赖于状态变量（如股价、无风险利率、波动率）历史路径及其他一些复杂的情况。所以这种方法无法考虑到可转债的附加条款，往往会低估了可转债的价值，因此运用BS期权定价模型不能对可转债中的股票期权进行精确定价。由于对可转债的估值没有了精确的解析解，所以只有试图通过数值方法来对可转债进行定价。

三种数值方法各有优缺点。

蒙特卡罗模拟方法的优点在于能处理较复杂的情况而且计算的相对效率较

高，但由于该方法是由初始时刻的期权值推导未来时刻的期权值，它只能用于欧式期权的计算，所以可转债定价的总体框架是不可能采用蒙特卡罗模拟方法的，但是由于它能处理衍生证券在有效期内不同时刻所发生的终值情况，所以不要认为在可转债的定价过程中不可以采用蒙特卡罗模拟。

二叉树模型和有限差分法都是从期权的未来倒推期权的初始值，所以可以用于美式期权的计算，当然也能用于欧式期权。但这两种方法不仅计算量大、计算效率低，而且很难计算期权值依赖状态变量历史路径的复杂情况。二叉树模型更适用计算少量期权的价值，而且在处理可转债中的各种复杂条款时，二叉树模型更灵活。而有限差分方法在进行大量期权价值计算时更有效率。

4 中国可转债定价模型的设计

4.1 基于中国现实的几个重要推论³

国外大多数成熟资本市场股票都是全流通的，但中国资本市场尚在完善当中，股改正在进行，所以在研究中国可转债的时候要特别注意中国市场的特殊性。中国资本市场的两个特殊性需要特别注意，这对于本文理论基础的建立和实证结果的得出有重大意义。

第一，中国的股票市场是一个以非流通国有股、法人股占主导地位的特殊市场，这也是和国外资本市场最重要的区别。国有股、法人股股东在公司中拥有控股权地位，但国有、法人股不能在市场上按照市场价格买卖，只能通过协议转让、拍卖等方式进行交易，流通股对其没有意义。非流通股如何定价是理论界争论的一个热点问题，由于非流通股不能流通，缺乏二级市场的定价机制，因此无法通过市场机制找到一个“合理”的价格。资产的价值应取决于它未来能给其所有者带来的收入的现值，而不是资产目前的账面价值。但是，目前没有一个确切的非流通股定价模型，所以只能用股票的每股净资产作为其价值的衡量标准。因此，公司控股股东的最终目标是实现公司每股净资产价值的最大化。

第二，中国的股票价格存在较大的泡沫，市场股价大大高于公司价值。由于可转债转换的股票可以直接流通，因此，转股对控股股东是非常有利的。

可转债发行公司的决策目标直接影响到他们行使期权时的决策行为。这种决策行为不是独立的，而是根据和投资者之间的复杂博弈做出的一个多层次决策行为。投资者的投资目标函数是收益最大化，他们将根据转股价值 $(FV \times S) / X$ 和可转债持有价值孰大来决定转股还是继续持有可转债。公司的决策行为就是要通过影响可转债持有价值进而影响投资者的行为，从而顺利实现自身的目标。在中国股市的特殊背景下，我们可以得到有关可转债发行公司决策目标的一个重要结论。

推论1：可转债发行公司的决策目标是以尽可能高的转股价格、尽可能早的

³此部分主要参考郑振龙、林海文章《可转换债券发行公司的最优决策》。

实现转股，而且公司会选择尽可能短的赎回期。

从推论1可知，中国可转债发行公司会通过调整转股价诱使投资者转股，可转债最终以债券的形式还本付息的概率极低，因此可转债中的债性占的比例很小。而且，中国的信用风险溢价也非常低，AAA级5年期公司债券的信用风险溢价才1%。因此，全部用无风险利率进行贴现不会对可转债价值产生太大影响。

推论2：在中国特殊的制度背景下，可转债中股性占了绝大部分，而且中国的信用风险溢价不高，因此将可转债的股性和债性统一起来，全部使用无风险利率进行贴现，并不会对可转债的价值造成很大的影响。

因为中国可转债发行条款均规定转股价将根据公司股票的股利政策进行相应的调整，因此转股权实际上相当于无红利股票的看涨期权。对无红利股票的美式看涨期权而言，它不会被提前执行。这意味着这个美式看涨期权实际上等同于欧式看涨期权。这就为使用蒙特卡罗模拟进行定价奠定了理论依据。

推论3：可转债中的转股权不会被提前执行，它实际上是一个欧式看涨期权。

大部分可转债都规定，当公司股票收盘价连续 n_1 个交易日低于转股价的一定比例（如80%）时，公司董事会有权在一定的幅度内下调转股价。董事会一般1年内只能调整1次，但股东大会通常有权超过上述幅度和次数进行调整。因此这里包含两个选择权：第一就是是否选择调整；第二就是调整的幅度为多少。由于公司决策的目标之一是按照尽可能高的转股价格进行转股。因此，我们也可以推出可转债发行公司调整转股价格的一个重要推论。

推论4：在没有回售压力的条件下，公司不会主动向下调整转股价格。

但是由于可转债规定了回售条款，即在可回售期内，当公司股票价格连续 n_2 个交易日低于转股价格的一定比例（如75%）时，投资者有权在若干个交易日后按照一定的价格（比如债券面值加上当年利息）将债券回售给公司。因此，为了避免由于投资者的回售而给公司带来更大的损失，以便能够实现转股的目标，公司控股股东这时要调低转股价格。而且，公司在选择转股价格调整幅度时也是尽可能的小，目标是使投资者在回售日放弃回售而选择持有可转债。

推论5：当面临回售压力时，公司会调低转股价，使回售日该债券的价值超过回售价，从而诱使投资者放弃回售权。

赎回条款实质上是强制转股条款，公司提出赎回的实际意图是迫使投资者转股。

推论6: 公司是否在 T_3 时刻提出赎回, 取决于赎回日转股价值是否有足够把握大于赎回价格。

在目前中国正常市场情况下, 只要满足赎回条件, 公司就会行使赎回权, 并选择在尽可能短的时间内赎回, 从而迫使投资者尽可能早地转股, 以实现公司的决策目标。

推论7: 在正常情况下, 公司会在满足赎回条件时立即行使赎回权。

这几个推论的得出为后面定价模型的确定奠定了基础。

4.2 定价模型的确定⁴

虽然中国的股票市场是一个以非流通国有股、法人股占主导地位的特殊市场, 但是中国可转债转换成的股票是可以立即流通的, 与非流通股有很大区别。所以本文采用可转债价值只依赖于股价的简化法单因素模型, 假设在风险中性世界, 股票价格服从一个几何布朗运动:

$$dS/S = rdt + \sigma dz_t$$

由于可转债是股票的衍生产品, 根据Black-Scholes衍生产品的偏微分方程, 我们可得可转债价格的偏微分方程为:

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 P}{\partial S^2} \sigma^2 - rP + r \frac{\partial P}{\partial S} = 0$$

该偏微分方程应满足的边界条件有:

1、在赎回日 t , 可转债的回报 $Y_t = \max(S_t \times (FV/X_t), P_1)$, 在正常情况下等于 $S_t \times (FV/X_t)$, 其中 P_1 表示赎回价, S_t 表示 t 时刻股价, FV 表示可转债面值, X_t 表示 t 时刻转股价;

2、在满足回售条件投资者要回售时, 公司需要调整转股价格。调整后的转股价 X_t' 应该满足⁵:

$$P_2 = S_t' N(d_1) - Ve^{-r(T-t)} N(d_2) + (V+I)e^{-r(T-t)}$$

$$S_t' = 100S_t / X_t', d_1 = \frac{[\ln(S_t'/V) + (r + \frac{\sigma^2}{2})(T-t)]}{\sigma\sqrt{T}}, d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

⁴此部分主要参考郑振龙、林海文章《中国可转换债券定价研究》。

⁵董事会调整转股价格有一定的幅度限制, 比如20%等, 但是一般超过这个幅度经过股东大会批准即可。所以公司一般可以调整到所需的转股价, 最终实现转股目标。

其中 P_2 表示回售价；

3、如果没有发生赎回，则在到期日 T 的回报函数分为两种情况：

第一，如果没有满足回售条件，则 $Y_T = \max(S_T \times FV / X_T, V)$ ；

第二，如果满足回售条件，则 $Y_T = \max(S_T \times FV / X_T, P_2)$ 。

此外，可转债的价格还有其理论界限。第一个理论界限就是上文分析的转股价值。在没有赎回条件限制时，可转债价值应高于转股价值，即 $P_i \geq S_i \times FV / X_i$ 。第二个理论界限就是债券价值， B_i 。因为总体来说，可转债可以看作奇异期权和一个债券的组合。因此当股票价格比较低时，期权价值比较低，此时，可转债价值就比较接近于债券价值，特别地，当股票价格为0时，期权价值为0，此时可转债价值等于债券价值。

具体计算各个时点的可转债理论价值时，综合使用解析方法和数值方法，充分考虑了转股价调整对可转债价值的影响，并把转股权、赎回权、回售权和转股价调整权作为一个整体进行考虑。基本思路如下：

1、首先用无风险利率和违约风险溢酬贴现的方法计算各个定价时点纯债券的价值 PB_i ；

2、对股票价格进行模拟，提取出定价时点至转债到期日的所有股票价格；

3、考虑回售条款。先用 BS 公式计算可转债中隐含的转股权价值 C_i ，可转债投资价值记为： $PC_i = PB_i + C_i$ 。当满足回售条件时（例如：股价连续三十个交易日低于转股价的70%），且 $PC_i < P_2$ 时（ P_2 为回售值），投资者有动力进行回售，此时进行转股价的调低，直到可转债投资价值 PC_i 超过回售值 P_2 ，投资者放弃回售权为止。也就是此处的回售权将不会被投资者执行，回售权满足且投资者愿意进行回售时，发行者会调低转股价迫使投资者放弃回售权；

4、考虑赎回条款。当满足赎回条件时（例如：股价连续三十个交易日高于转股价的130%），由于赎回条款实际上是强制转股条款，一般赎回值 P_1 都小于直接转股价值 $S_i \times (FV / X_i)$ ，所以投资者会选择直接转股；

5、结合几个条款，得出可转债在条款执行时点或到期日的理论价值 P 。由于回售条款不会被执行，只是会影响转股价，所以此处只要考虑赎回条款是否被满足。若直到到期日都未满足赎回条件，则 $P = \max(S \times (FV / X), PB)$ ，即为到

期日转股值和纯债价值的极大值。若赎回条件被满足，投资者将选择转股，即 $P = S_t \times (FV / X_t)$ 。再用无风险利率对 P 进行贴现，再加上期间利息所得的现值即得到当前定价时点可转债的理论价值 V ；

6、对上述过程重复模拟10000次，得到10000个 V 值，再对这些值取均值 $mean(V)$ ，得到最终定价结果，即可转债理论价值 $CB = mean(V)$ 。（具体定价所使用的matlab程序可参考附录）

4.3 模型的参数估计

影响可转债价格的参数有：初始股票价格、期限、波动率、无风险利率、信用风险溢价、可转债利息、赎回价格、赎回条件、回售价格、回售条件等。其中，股票价格、期限、可转债利息、赎回价格、赎回条件、回售价格、回售条件等可直接在可转债条款中和市场上找到。信用风险溢价则使用郑振龙、林海(2003)^[22]的研究成果，违约风险溢价为0.98%。所以，对参数的估计集中在对无风险利率和波动率的估计。

对无风险利率的估计采用CIR利率期限结构动态模型，其离散模型如下：

$$\Delta r_t = k(\mu - r_t) + \sqrt{r_t} \varepsilon_t, \varepsilon_t \rightarrow N(0, \sigma^2)$$

使用五年期国债到期收益率周数据，最终得到长期利率均值 μ 的估计值 $\hat{\mu} = 0.0262$ ，此估计值不是简单的样本内利率的均值，而是利率长期会回归的均值，所以最终无风险利率选取 $r = 0.0262$ 。

对波动率的估计采取历史波动率方法(historical volatility)，即通过股票价格的历史变动估计出股票价格的波动率，并作为可转债定价的参数。可转债发行本身会对价格波动率产生影响，它一般会使得股票价格波动率降低。因此我们不能直接用可转债发行之前的历史价格估计波动率。而且可转债是一个长期证券，使用的波动率参数应该是长期的平均波动率，但是可转债发行之后的数据时间一般较短，无法真实反映出股票的长期平均波动率。本文的具体操作是选取可转债发行前两年以上时间区间作为一个基准区间，对应股票收盘价为样本，采用简单平均法获得股价波动率 σ 的估计量，并以半年为递增计算相应波动率，直到可转债存续期结束，得出多个估计值，最终选取比较稳定的数值。计算公式为：

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2} \times \sqrt{N}$$

其中， n 为样本容量； u_i 为第 i 个交易日的股票价格的对数收益率； \bar{u} 为 u_i 的均值； $N = 252$ 为年实际交易天数。

由于估计出来的数值在样本选择上包含了可转债发行前的数据，因此，本文通过在此历史波动率的基础上综合分析可转债发行对波动率的可能影响以及平均幅度，然后做出相应的调整。根据对可转债的综合分析，可转债的发行对波动率的影响大约在5个百分点，由于本文综合用了可转债发行前后的股价数据，所以调整幅度应该相应减少，大概在3个百分点比较合理。计算结果参见表4.1。

表4.1 中国可转债的价格波动率

可转债名称	调整前估计值	调整后估计值
万科转债	0.36	0.33
民生转债	0.29	0.26
水运转债	0.28	0.25
燕京转债	0.24	0.21
华电转债	0.3	0.27
创业转债	0.34	0.31
华菱转债	0.26	0.23
晨鸣转债	0.29	0.26
南山转债	0.33	0.3
营港转债	0.3	0.27

最终选定的可转债相关信息见下表：

表4.2 可转债参数信息表⁶

可转债名称	发行总额 (亿)	票面利率	期限 (年)	赎回值	回售值
万科转债	15	1.50%	5	102	102
民生转债	40	1.50%	5	102	106
水运转债	3.2	0.90%	5	100.9	102
华菱转债	20	每年分别为1%、1.5%、2%、2.5%、2.5%	5	105	107
晨鸣转债	20	每年分别为1.5%、1.7%、2.05%、2.39%、2.84%	5	105	105
南山转债	8.83	每年分别为1.5%、1.8%、2.1%、2.4%、2.7%	5	105	105
营港转债	7	每年分别为1.8%、2.1%、2.4%、2.5%、2.6%	5	105	105
燕京转债	7	1.20%	5	102	第二三四五回售价 101, 102, 103, 104
华电转债	8	1.50%	5	105	第三四五回售价106, 107, 108
创业转债	12	每年分别为1.7%、1.9%、2.1%、2.4%、2.7%	5	102	第二三四五回售价 102, 103, 104, 105

(数据来源: Wind资讯搜集整理所得)

⁶ 表中对于回售值的描述分两种, 若整个回售期的回售值不变则只记一个值, 若整个回售期的回售值有变, 则具体写出每年的回售值。

5 实证研究

5.1 数据来源和处理

本文在样本上尽可能选择交易相对活跃的可转债，数据来自Wind资讯，主要包括各个可转债的收盘价数据、可转债各个条款及其他相应数据、对应股票复权前后的股价收盘价数据、五年期国债到期收益率数据等。

为了便于运算和分析，将每年分作50个时点，以一周作为一个观测点。

对转股价格的调整主要是董事会在满足条件时的义务，它规定在满足调整价格条件时，董事会必须调整转股价格，最小幅度为10%，调整后转股价不低于每股净资产。基于4.1中得出的结论，公司在选择转股价格调整幅度时会尽可能的小，所以具体做实证时，第一次转股价调整为原转股价的90%，其后每次调整后的转股价都是原转股价的98%，直到可转债价值超过回售值，投资者放弃回售权为止。

5.2 实证结果

在参数估计出来、数据整理完成之后，就可以计算可转债的价值了。我们考虑所有条款的可转债价值（包括转股价调整条款），并综合使用解析方法和数值方法进行定价，力求提高运算效率。

最终得出十个可转债的实证结果，即所有转债在样本期间各个观测点的理论价值，并将可转债理论价值和实际价格做一个比较图，具体见下图所示：

图 5.1 晨鸣转债实证结果

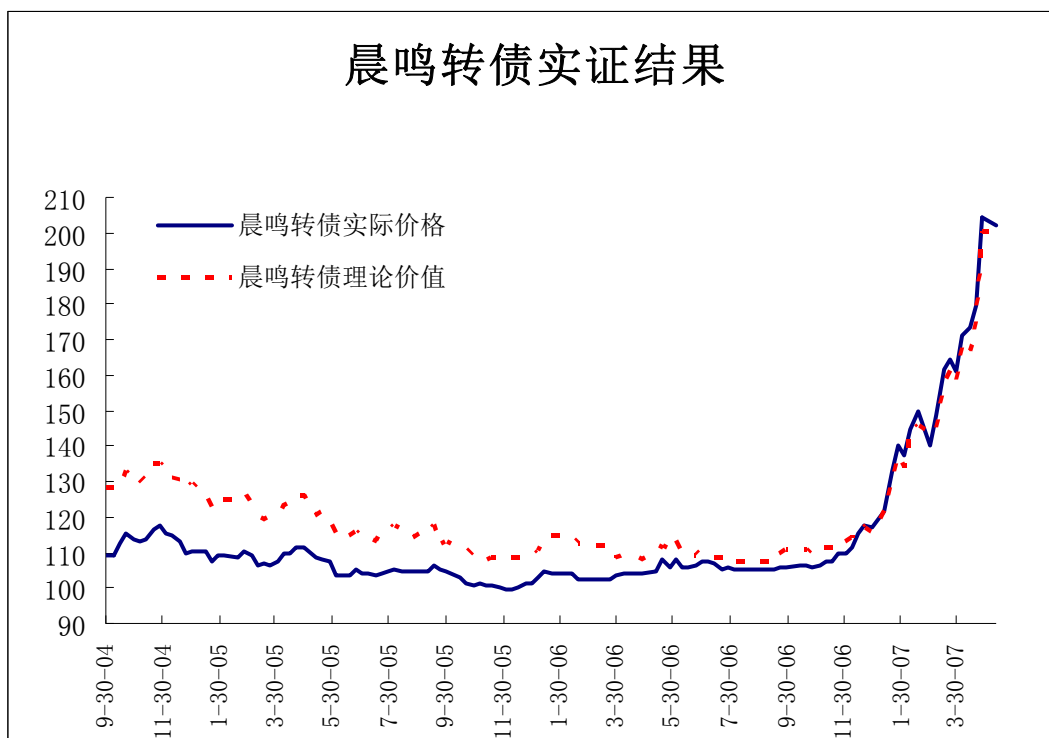


图 5.2 创业转债实证结果

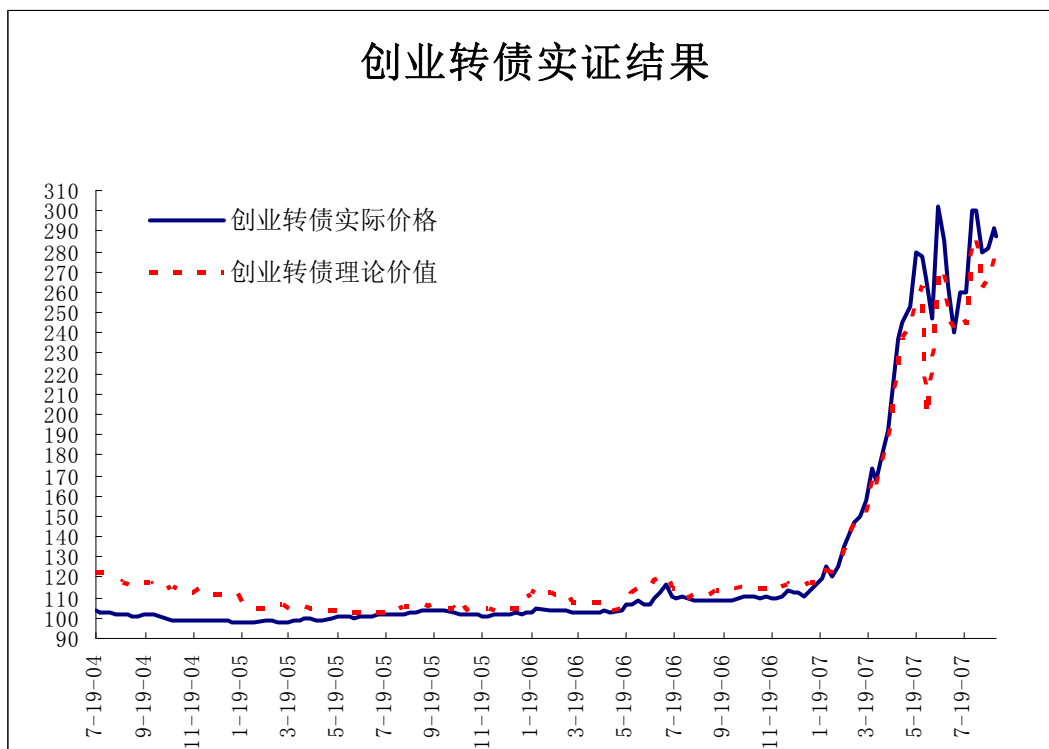


图 5.3 华电转债实证结果

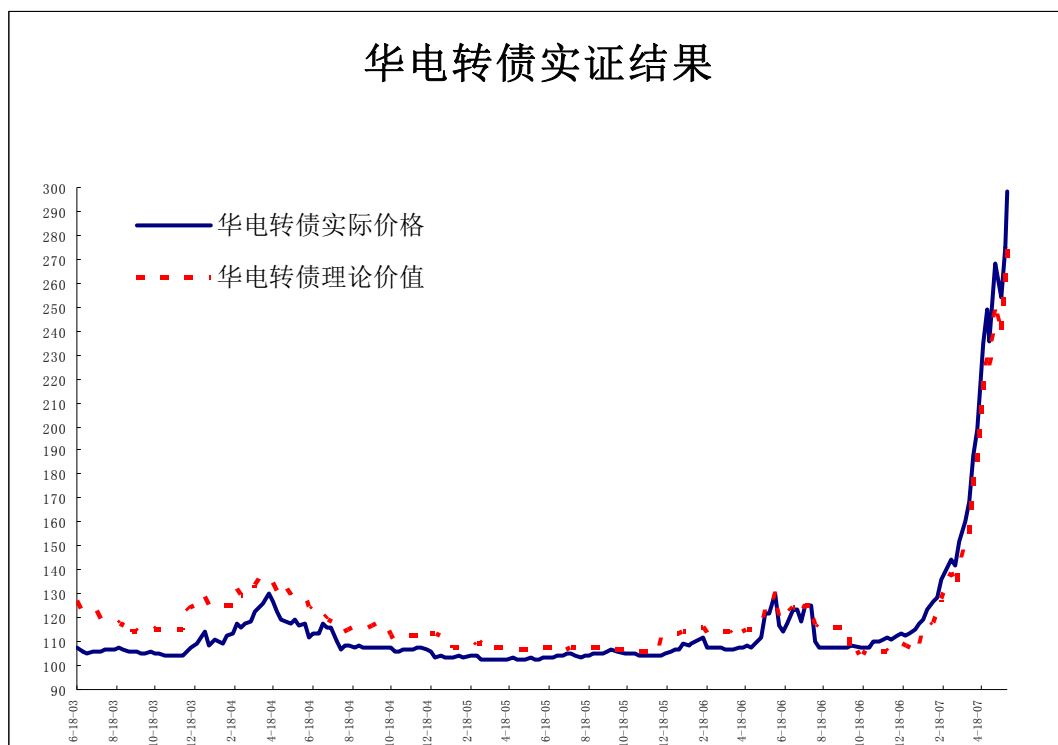


图 5.4 华菱转债实证结果

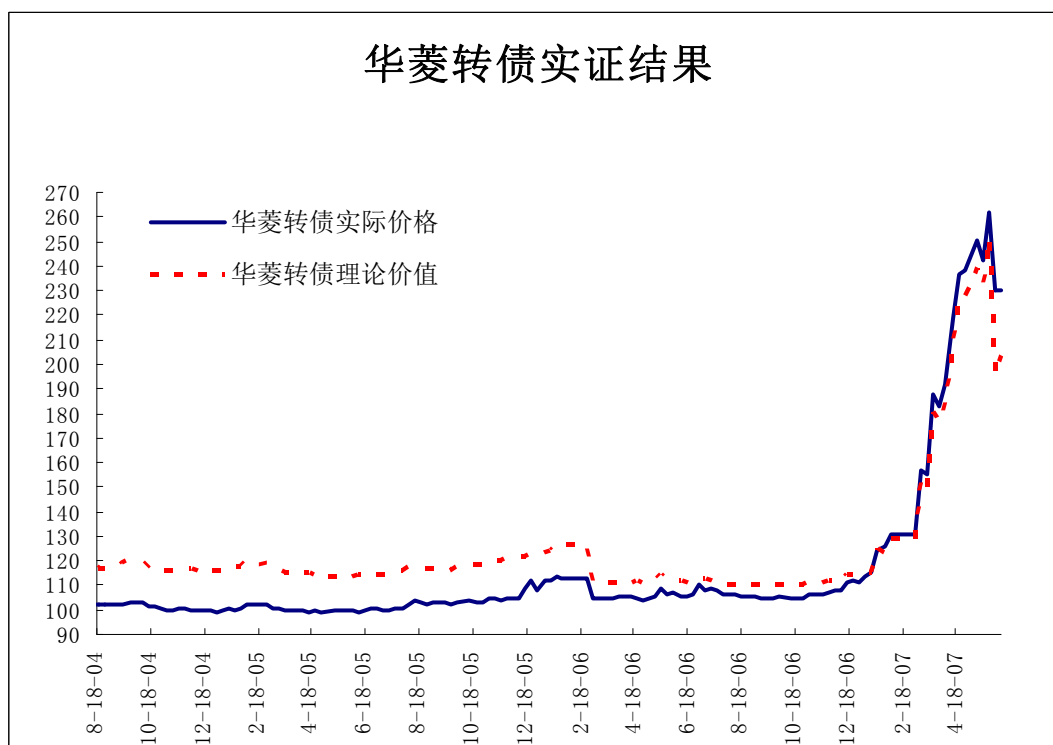


图 5.5 民生转债实证结果

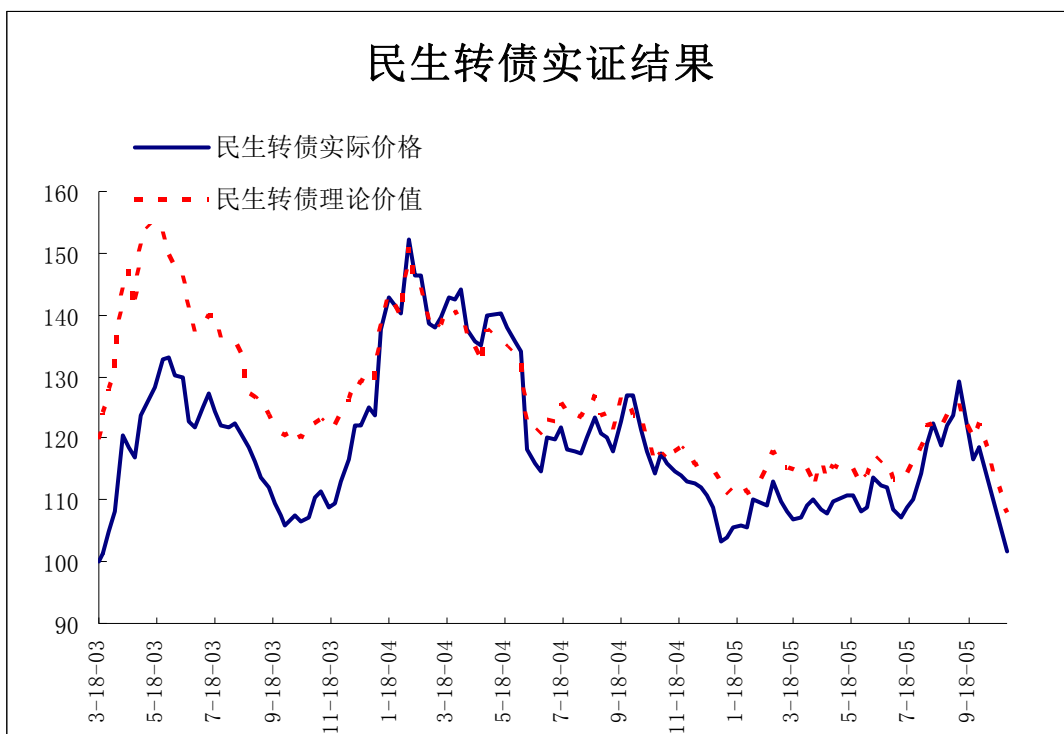


图 5.6 水运转债实证结果

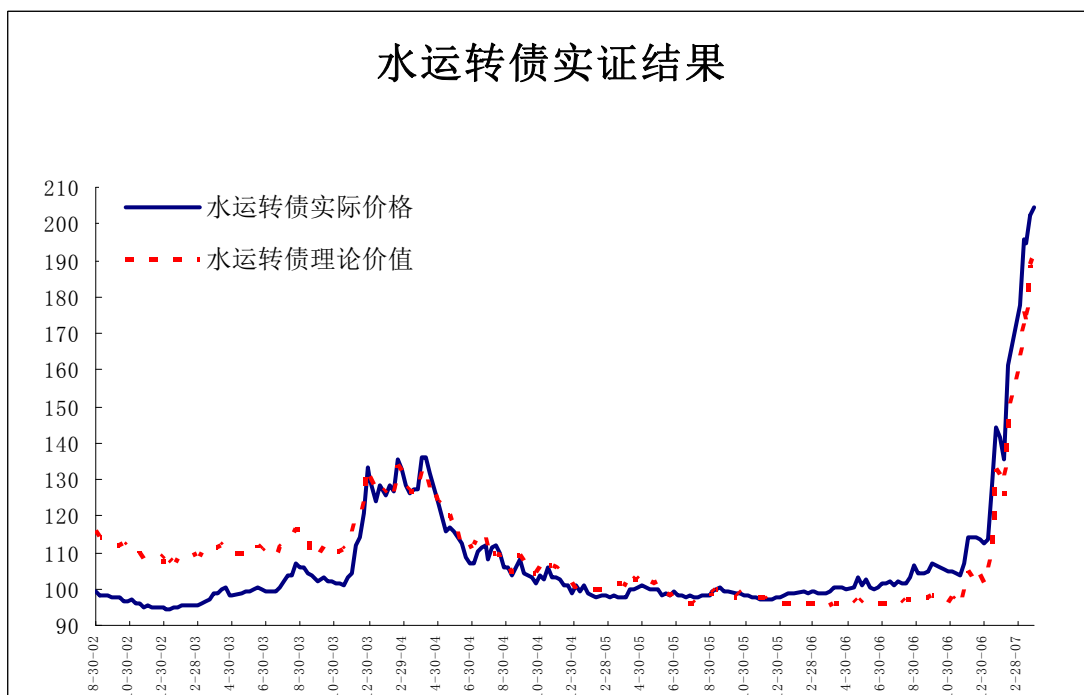


图 5.7 南山转债实证结果

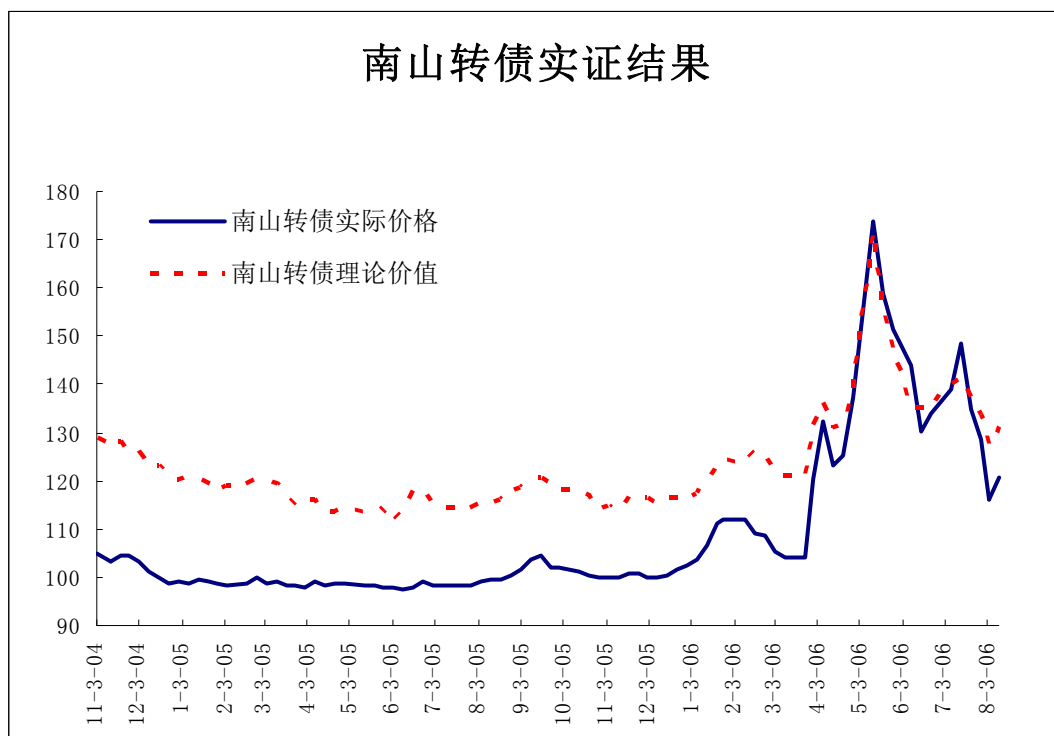


图 5.8 万科转债实证结果

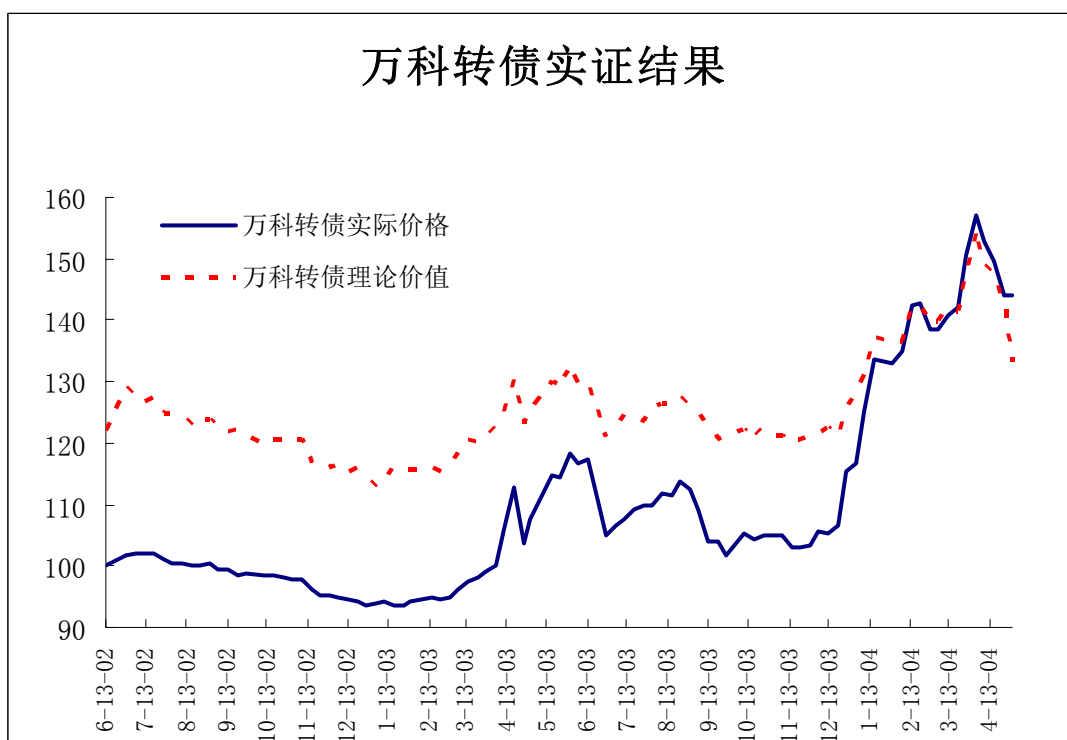


图 5.9 燕京转债实证结果

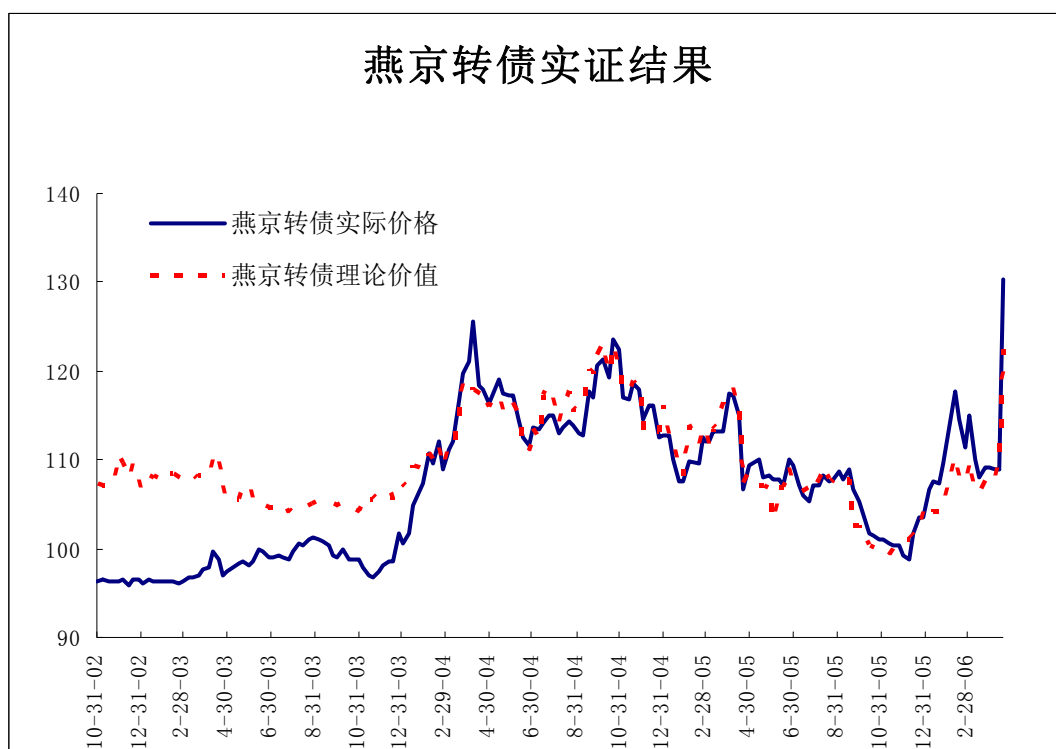
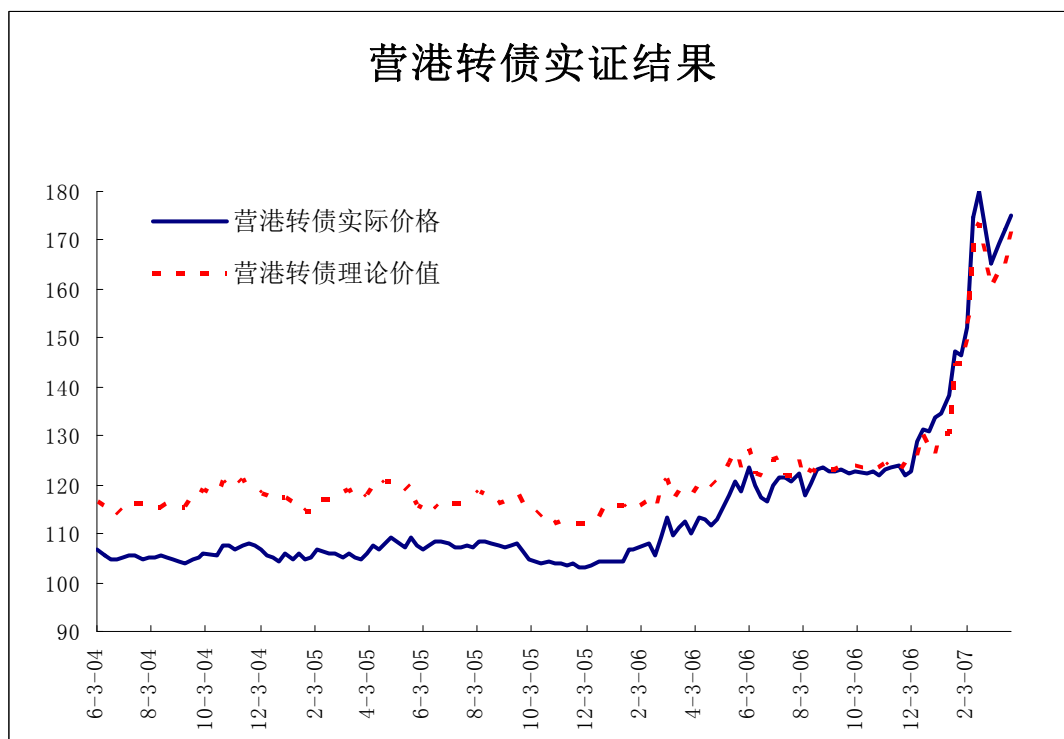


图 5.10 营港转债实证结果



6 结论

6.1 研究分析和结论

从第5部分实证结果我们可以得出如下的结论：

1、各个可转债价值一开始都存在被明显低估的现象，低估程度从9%-23%不等。其中以南山转债一开始被低估的现象最为严重，高达23%。

2、各个可转债的实际价格和理论价值都存在趋近过程，而且随着进入转股期，实际价格与理论价值迅速接近，在一些时期甚至出现了不同程度的低估现象。

6.1.1 定性分析

这些发现和国内其他学者得出的可转债一开始都被不同程度低估的结论一致，另外结论2发现的在进入转股期后，实际价格与理论价值迅速接近，而且在一定时期个别可转债出现的被高估的现象，本文认为可以从以下几个方面进行探讨：

1、投资者不成熟，对可转债认识不足。中国证券市场虽然经过了十几年的发展，但投资者相对不成熟。特别是对于可转债这种新型金融工具，由于在我国的发展时间较短，市场规模小，因此很多投资者对可转债认知严重不足，未对其内在价值进行充分挖掘。比如机场可转债，2000年3月上市首日开盘居然才1.88元，最低甚至下探到1.20元，这种情况持续了大约6分钟后才被迅速拉回至100元附近。开盘如此低价只能说明投资者虽然买了可转债，但对这一投资品种的基本特点还不是非常了解。投资者的不成熟是导致可转债价值在发行初期被低估的主要原因之一。

2、我国证券市场交易制度不完善。在非转股期内，如果存在做空机制，那我国的许多可转债都将存在无风险套利的机会。如果存在卖空机制，当出现大幅折价时，投资者可通过如下策略进行套利：

第一步：卖空K股股票，同时买入K/n张可转债(其中n为可转债的转股比例)；

第二步：可转债进入转股期后，执行转股权；

第三步：归还卖空的股票。

但是，由于我国资本市场缺乏做空机制，因此对市场中出现的一些无风险套利机会无法获取，市场无法消除套利机会，导致可转债在非转股期内与其理论价值相差更大，这是我国股票市场效率不高的一个表现。

3、可转债实际到期年限短于理论到期年限。从实际来看，多数可转债在到期前已实现转股或已被赎回，使得到期年限缩短，低于理论计算所用的到期年限。因此在理论计算时，可转债中隐含的期权价值被高估，导致了一定的可转债价值被低估的现象。

4、股票市场对可转债市场的影响。由于可转债是股票的衍生品，所以股价变动对可转债价格有着决定性的影响。那么当投资者对股票市场信心倍增时，可转债市场的表现也会由于股票价格的上升而好转，这时可转债与其理论价值更为接近；而当股票市场处于跌势时，市场不看好发行公司未来股价的走势，低估了可转债隐含的期权的价值，从而致使可转债的市场价格偏低。

5、流动性风险补偿。国内可转债流动性差，流动性风险比较大，为了补偿这部分风险而给予一定的流动性折价。

6、中国资本市场投机气氛严重。由于中国很多投资者热衷短期投机，这使得后期可转债市场转暖后价格迅速上升，甚至超过理论价值相当大的幅度。

6.1.2 定量分析

以上是简单定性分析，接下去我们将重点进行定量分析，分析可转债理论价值和实际价格之间的定价误差⁷到底和哪些因素有关，重点考虑的因素：市场因素，用市场收益率表示；期限因素，用剩余期限表示；个股因素，用股票收益率表示。建立以下回归模型：

$$D_t = aSR_t + bIR_t + dT_t + C$$

其中： D_t 表示 t 时刻的定价误差， SR_t 表示股票收益率， IR_t 表示市场收益率， T_t 表示剩余期限， C 表示常数项， a, b, d 分别为各个变量的系数。

经检验，市场收益率和股票收益率之间存在高度正相关关系，若直接对上述模型进行回归，则存在多重共线性问题，所以必须先解决这个问题。我们用下面

⁷ 定价误差就是指可转债理论价值和实际价格之间的差值。

的步骤:

1、对方程 $SR_t = aIR_t + C$ 做回归分析, 取出残差 $RESI$, 用 $RESI$ 数值替代 SR 数值。

2、对方程 $D_t = aSR_t + bIR_t + dT_t + C$ 做回归分析。

通过上述两个步骤就可以去除股票收益率和市场收益率之间的相关性问题, 实证结果如下表所示:

表6.1 模型回归分析表

可转债名称	SRt	IRt	Tt	R-Square
万科转债	0.062	0.122	0.003	77.0%
P-值	(0.7218)	(0.3669)	(0.0)	
民生转债	0.355	-0.091	0.001	39.9%
P-值	(0.0161)	(0.5513)	(0.0)	
水运转债	0.088	0.007	0.001	86.5%
P-值	(0.0424)	(0.8934)	(0.0)	
燕京转债	-0.032	0.204	0.001	71.4%
P-值	(0.5898)	(0.0061)	(0.0)	
华电转债	-0.074	0.039	0.001	71.2%
P-值	(0.1507)	(0.5598)	(0.0)	
创业转债	0.119	0.170	0.001	65.8%
P-值	(0.3083)	(0.1493)	(0.0)	
华菱转债	0.047	0.094	0.002	84.6%
P-值	(0.5537)	(0.2404)	(0.0)	
晨鸣转债	0.031	0.028	0.001	91.9%
P-值	(0.2782)	(0.5607)	(0.0)	
南山转债	0.042	0.012	0.002	70.6%
P-值	(0.5492)	(0.9556)	(0.0)	
营港转债	0.091	0.004	0.001	76.3%
P-值	(0.2498)	(0.9560)	(0.0)	

(注: 无括号数字为对应变量的回归系数, 括号内数字为回归系数的P值, 显著性水平为95%)

从上表可得出以下几个结论:

1、所有可转债的定价误差 D_t 和剩余期限 T_t 显著正相关, 这说明随着到期日的临近, 定价误差逐渐变小, 定价效率在不断提高。

2、在可转债的定价误差 D_t 和股票收益率 SR_t 、市场收益率 IR_t 之间, 虽然个

别可转债显示出一定的相关性⁸，但总体上看并不存在相关关系，这也说明了并不存在可转债市场和股票市场之间的联动关系。

接下去我们考虑不同可转债的定价误差和哪些因素有关，我们重点考虑以下因素：可转债发行规模，用发行总额表示；转股期限，按年份计算；赎回期限，按年份计算；回售期限，按年份计算。定价误差用定价区间内的平均值表示。详细数据见下表：

表6.2 可转债相关信息表

可转债名称	平均定价误差	非转股期间平均定价误差	转股期间平均定价误差	发行规模(亿)	赎回期限(年)	回售期限(年)	转股期限(年)
万科转债	0.153	0.228	0.127	15	4.5	4.5	4.5
民生转债	0.060	0.158	0.039	40	4	1	4.5
水运转债	0.021	0.131	-0.008	3.2	4	1	4
燕京转债	0.028	0.089	0.005	7	4	4	4
华电转债	0.047	0.116	0.037	8	3	3	4.5
创业转债	0.044	0.110	0.014	12	4	4	4
华菱转债	0.091	0.157	0.078	20	4.5	4.5	4.5
晨鸣转债	0.074	0.150	0.057	20	3	3	4.5
南山转债	0.140	0.206	0.116	8.83	4.5	4.5	4.5
营港转债	0.066	0.105	0.058	7	4	4.5	4.5

(数据来源：实证结果计算和Wind资讯搜集整理所得)

由于数据太少，无法做回归分析，只能做简单的相关性分析。相关系数见下表：

表6.3 定价误差与各因素间相关系数表

	发行规模	赎回期限	回售期限	转股期限
平均定价误差	0.1547	0.487	0.5314	0.6473
非转股期间平均定价误差	0.2966	0.4611	0.156	0.5431
转股期间平均定价误差	0.1601	0.4139	0.5625	0.7491

从上面两表中可以得出以下结论：

1、所有可转债非转股期间的平均定价误差都明显高于转股期间的定价误差，

⁸ 只有民生转债和水运转债的定价误差和股票收益率显著正相关，燕京转债的定价误差和市场收益率显著正相关，其他的转债定价误差与股票收益率、市场收益率之间不存在显著相关关系。

说明进入转股期后，可转债的实际价格和理论价值开始趋近，定价效率得到明显提高。由于可以转股，存在相应的套利机制，使得原先的大幅度折价现象得到很大程度的改善。

2、从表6.3看定价误差和可转债发行规模存在正相关关系，从表6.2中数据也可发现，发行规模较小的可转债（例如：水运转债，燕京转债）其定价误差也相对较小，这可以解释为：由于资金规模小的投资品种易于被炒作，中国投资者在股市里就比较喜欢炒作小市值的股票，同样对于可转债，他们也更加偏好炒作小规模产品，炒作带来价格的上涨，缩小了和理论价值的距离，使得定价误差相对较小。

3、从表6.3看定价误差和赎回、回售期限也有一定的正相关关系，结合表6.2，由于赎回期限之间比较接近，现象不明显，但对于回售期限，存在一个比较明显的现象就是回售期限较短的可转债（例如民生、水运转债），其平均定价误差相对较小，可以解释为：回售发生在股价较低的时候，由于此时发行者将面临回售带来的财务压力，所以不得不调低转股价格，这使得可转债的理论价值变大，而可转债市场效率不高，可转债价格变化相对滞后，也就加大了原本就处于折价状态可转债的定价误差幅度，所以回售期较长的可转债，定价误差也较大。

4、从表6.3看定价误差和转股期限存在很强的正相关关系，从表6.2也可以看出平均定价误差最小的三个可转债，水运转债，燕京转债，创业转债，他们的转股期限也是最短，只有四年，但由于四年和四年半相差太小，说明不了什么问题，在此处也不做牵强的解释。

6.1.3 结论

通过上述分析，本文可以得出以下结论：

第一：各个可转债价值发行初期都存在被明显低估的现象，在整个非转股期间低估现象明显，而随着进入转股期，实际价格与理论价值迅速接近，在一些时期甚至出现了不同程度的低估现象。从整个样本的实证结果来看，可转债实际价格和理论价值之间存在趋近过程，整个可转债市场定价效率在提高。

第二：对可转债定价误差的定性分析方面，认为中国可转债被低估以及一定时期被高估的原因包括：1.投资者不成熟，对可转债认识不足；2.中国证券市场

交易制度不完善；3.可转债实际到期年限短于理论到期年限；4.股票市场对可转债市场的影响；5.流动性风险补偿；6.中国资本市场投机气氛严重。

第三：对可转债定价误差的定量分析方面，发现随着到期日的临近，定价误差逐渐变小，定价效率在不断提高。可转债的定价误差和股票收益率、市场收益率之间，总体上看并不存在相关关系，这也说明了并不存在可转债市场和股票市场之间的联动关系。

第四：可转债定价误差和可转债发行规模、赎回期限、回售期限、转股期限都存在着一一定的正相关关系。

影响可转债定价的因素非常之多，本文进行了一些定性和定量的分析，但要对这些影响因素做一个全面完整的分析还非常困难，这将是一个任重而道远的过程。

6.2 存在的问题

1、波动率估计。本文在估算波动率时只是进行了简单的调整，直接减去3%作为可转债发行后的股价波动率，这个估算显然相当粗糙，可做相应方法的调整，力求做的更加准确。

2、定量模型的建立。在定量分析可转债理论价值和实际价格之间的定价误差与股票收益率、剩余期限、市场收益率等因素的关系时，由于受限于数据，未能考虑更多的因素。

3、样本数据的采集。受限于样本数据的采集，样本数只有十个。若有更大样本，定量分析可进行更多回归分析，结果将更有说服力。

6.3 进一步的思考与建议

中国证券市场正在进行股改，总有一天将像国外成熟市场那样达到全流通，如何将立足点从非全流通背景转到全流通背景进行相应的研究是以后所要做的工作。

[参考文献]

- [1] Brennan, M. J., and E. S. Schwartz, 1977, Convertible bonds: Valuation and optimal strategies for call and conversion, *Journal of Finance* 5, 1699-1715.
- [2] Brennan, M. J., and E. S. Schwartz, 1979, A Continuous Time Approach to the Pricing of Bonds, *Journal of Banking and Finance* 3, 133-155.
- [3] Brennan, M. J., and E. S. Schwartz, 1980, Analyzing Convertible Bonds, *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 15, 97-12.
- [4] Brennan, M. J., and E. S. Schwartz, 1988, The Cases for Convertibles, *Journal of Applied Corporate Finance* 1, 55-64.
- [5] Carayannopoulos, P., 1996, Valuing convertible bonds under the assumption of stochastic interest rates: An empirical investigation, *Quarterly Journal of Business and Economics* 35, 17-31.
- [6] Davis, M., and F. Lischka, 1999, Convertible Bonds with Market Risk and Credit Risk, *American Mathematical Society International Press* 45-58.
- [7] Goldman Sachs, 1994, Valuing convertible bonds as derivatives Quantitative Strategies Research Notes, *Technical report* 11, 1-30.
- [8] Ho, T., and D. M. Pfeffer, 1996, Convertible bonds: Model value Attribution and Analytics, *Financial Journal* 5, 35-44.
- [9] Ingersoll, J. E., 1977, A contingent-claims valuation of convertible securities, *Journal of Financial Economics* 4, 289-322.
- [10] Kwok, Y. K., and K. W. Lau, 2001, Pricing Algorithms for Options with Exotic Path Dependence, *Journal of Derivatives* 9, 28-38.
- [11] McConnell, J. J., and E. S. Schwartz, 1986, LYON Taming, *The Journal of Finance* 41, 561-576.
- [12] Nyborg, K. G., 1996, The use and pricing of convertible bonds, *Applied Mathematical Finance* 3, 167-79.
- [13] Tsiveriotis, K., and C. Fernandes, 1998, Valuing convertible bonds with credit risk, *The Journal of Fixed Income* 8, 95-102.
- [14] 范辛亭、方兆本. 随机利率条件下可转换债券定价模型的经验检验[J]. 中国管理科学, 2001, (9): 7-14.
- [15] 龚朴、赵海滨. 有限元方法在可转换债券定价中的应用[J]. 武汉理工大学学报, 2004, (28): 194-196.
- [16] 王承炜、吴冲锋. 上市公司可转换债券价值分析[J]. 系统工程, 2001, (19): 47-53.
- [17] 杨如彦、魏刚、刘孝红. 可转换债券及其业绩评价[M]. 中国人民大学出版社, 2002.

- [18] 张鸣. 可转换债券定价理论与案例研究[J]. 上海财经大学学报, 2001, (1): 29-35.
- [19] 郑小迎、陈军、陈金贤. 可转换债券定价模型探讨[J]. 系统工程理论与实践, 2000, (8): 24-28.
- [20] 郑振龙、康朝峰. 中国可转债市场效率的随机占优检验[J]. 当代财经, 2004, (3): 44-46.
- [21] 郑振龙、康朝峰. 可转债投资对股票投资的绝对占优:中国可转债市场效率的一个反例[J]. 当代财经, 2005, (5): 38-39.
- [22] 郑振龙、林海. 中国违约风险溢价研究[N]. 证券市场导报, 2003, (6): 41-44.
- [23] 郑振龙、林海. 中国可转换债券定价研究[J]. 厦门大学学报, 2004a, (2): 93-99.
- [24] 郑振龙、林海. 可转换债券发行公司的最优决策[J]. 财经问题研究, 2004b, (11): 35-39.
- [25] 周琳. 可转换债券的定价及其影响因素的实证分析[J]. 同济大学学报, 2003, (14): 52-56.

致 谢

本文在从选题、开题、论证到定稿的过程中得到了我的导师郑振龙教授、马成虎教授和林海副教授的悉心指导，各位老师的研究方向、论文内容、结构安排等方面提出了许多严厉的要求和宝贵的意见。论文能够顺利完稿，得益于老师们的大力支持。其中郑老师是我的主导导师，郑老师对待学生认真负责，在研究生三年的过程中，对我的学业严格要求，更重要的是在未来人生方向上给予我切实的指导。

本文的完稿还得益于很多师兄师姐和同学的帮助，尤其是杨伟博士和许进财硕士的无私帮助。在此一并表示感谢。

我要感谢美丽的厦门大学，给我提供了如此美好的学习和生活环境，感谢厦门大学王亚南经济研究院对我的培养，感谢我的同学们，陪我度过了难忘的三年研究生生活，在厦大的三年求学时光是我人生中最美好的三年，母校的点点滴滴都将永远在我脑海中铭记。

感谢我的父母和亲人，没有他们无私的关爱和支持，我不可能顺利的走完这近二十年的漫漫求学路途。他们的爱，始终是我人生前进的最大动力。

最后，限于作者水平，文中不足之处难免存在，敬请各位专家老师批评指正。

附录

```

中国可转债定价：水运转债
% pricing of CB:ShuiYunZhuanZhai
% input of data;
D=5;
TD=5;
delt=1/50;
T=ceil(D/delt)+1;
M=10000;
e=0.5;
S0=11.8;
vol=0.25;
r=0.0262;%无风险利率;
cs=0.0098;%风险溢价;
X=12.09;%执行价格。
p1=100.9;
p2=102;
c1=0.009;
c2=0.009;
c3=0.009;
c4=0.009;
c5=0.009;%票面利率。
interest=[c1 c2 c3 c4 c5];
c=zeros(T, 1);
Fv=100;
d=ceil(e/delt);
% computation of straight bond equivalent;
K=251;
c(K)=100*(1+c5);
c(K-50)=c(K)/exp(r+cs)+c4*Fv;
c(K-100)=c(K-50)/exp(r+cs)+c3*Fv;
c(K-150)=c(K-100)/exp(r+cs)+c2*Fv;
c(K-200)=c(K-150)/exp(r+cs)+c1*Fv;%付息日的债券价值，每年分为 50 次。
i=250;
while i>201;

```

```
c(i)=c(i+1)/exp((r+cs)/50);
i=i-1;
end;
i=200;
while i>151;
c(i)=c(i+1)/exp((r+cs)/50);
i=i-1;
end;
i=150;
while i>101
c(i)=c(i+1)/exp((r+cs)/50);
i=i-1;
end;
i=100;
while i>51;
c(i)=c(i+1)/exp((r+cs)/50);
i=i-1;
end;
i=50;
while i>0
c(i)=c(i+1)/exp((r+cs)/50);
i=i-1;
end; %非付息日的债券价值。

% simulation of stock price and repurchase etc;
s(1)=S0;
while j<=M
    for i=1:T
        x(i)=X;
    end;
    for i=2:T
s(i)=s(i-1)*exp((r-vol*vol/2)*delt+normrnd(0, vol*sqrt(delt)));
    end; %股票价格的模拟。

k=201;
w=zeros(5, 1);
a1=1;
while k<=T-4
l1=k+3;
n1=0;
```

```

for m2=k:l1
    if s(m2)<0.70*x(m2)
        n1=n1+1;%计算股价连续低于转股价 70%的次数。
    end;
end;
if n1==4
    w(a1)=l1;
    f0=s(w(a1));
    X1=x(w(a1));
    T1(a1)=(T-w(a1))*delt;
    m1=1;
    while m1<=20
        F=s(w(a1))*Fv/X1;
        d1=(log(F/c(K))+(r+vol^2/2)*T1(a1))/(vol*sqrt(T1(a1)));
        d2=d1-vol*sqrt(T1(a1));
        N=floor(T1(a1));
        int1=0;
    if N==0
        int1=0;
    else
        for g=1:N
            int1=int1+interest(TD-g)*Fv*exp(-r*(T1(a1)-g));
        end;
    end;
end;
pc=F*normcdf(d1)-c(K)*exp(-r*T1(a1))*normcdf(d2)+c(K)*exp(-r*T1(a1))+int1;
if pc>p2
    m1=21;
else
    if m1==1
        X1=0.9*X1;%转股价调整。
        m1=m1+1;
    else
        X1=0.98*X1;
        m1=m1+1;
    end;
end;
end;
end;
end;
for q=w(a1)+1:T

```

```

    x(q)=X1;
end;
    a1=a1+1;
    k=ceil((D-floor(D-(k-1)*delt))/delt)+1;
    k=k+1;
else
    k=k+1;%不满足则跳至下一个。
end;
end;
k=51;
w1=T;
while k<=T-4
l2=k+3;
n1=0;
for m2=k:l2
    if s(m2)>1.30*x(m2)
        n1=n1+1;%计算股价连续超过转股价 130%的次数。
    end;
end;
    if n1==4
        w1=l2;
        k=T+1;
    else
        k=k+1;%不满足则跳至下一个。
    end;
end;
end;
if w1==T
    p=max(s(w1)*Fv/x(w1), c(K));
    N1=floor(D-0.000001);
else
    p=s(w1)*Fv/x(w1);
    N1=floor((w1-1)*delt);
end;
int2=0;
if N1==0
    int2=0;
else
    for i=1:N1

```

```
int2=int2+Fv*interest(TD-i)*exp(-(r+cs)*(D-i));  
end;  
end;  
v(j)=p/exp(r*w1*delt)+int2;  
t(j)=w1;  
j=j+1  
end;  
mean(v)
```