

2018年01月26日

可转债定价方法综述

转债定价专题研究（1）

联系信息

陶勤英

分析师

SAC 证书编号: S0160517100002

taoqy@ctsec.com

相关报告

1 《金融工程：转债研究之转股溢价率》
2017-11-162 《金融工程：海外可转债市场研究》
2017-12-013 《金融工程：彼之砒霜，吾之蜜糖-巧用可
转债为组合增强收益》 2017-12-27

投资要点：

● 分解定价法

可转债可以看作是债券和期权的混合体，顾名思义，可转债价值应该可以分解为债券价值加上期权价值。最基础的分解方法是“可转债价值=债底+欧式看涨期权”，然而转债所含的期权是一个路径依赖的复杂的期权，因此在此基础上发展出来的进阶版是“可转债价值=债底+多种奇异期权”。

● 有限差分法

Tsiveriotis 和 Fernandes (1998)（简记为 TF98 模型）将可转债分解成债券部分价值和股票部分价值两部分，债券部分价值的贴现率使用经过风险调整的利率，股票部分价值的贴现率使用无风险利率。

有限差分法和有限元法（二叉树、三叉树）均能较好的解决 TF98 模型求解问题。

● Monte Carlo 模拟法

可转债的模拟法定价主要思路为，先根据标的股价过程生成多条随机的股价路径，然后根据可转债的条款合约约定内容，分析每条股价路径下的对应收益，然后将这些收益按照风险因子进行贴现，得出此条股价路径上的收益现值，最后对所有股价路径上的收益现值取平均值，得出可转债的理论价值。

模拟法的优势在于可以考虑多维度的定价问题，比如股价、利率和信用风险。而且，可转债的内嵌期权一般都是严格路径依赖的，比如硬赎回条款、软赎回条款、赎回触发条件、可修正的转换价格条款和序列性的转换条款。因此，模拟法能够更完全地捕捉标的股价过程和复杂的可转债条款，而且模拟法的计算效率可能比前面提到的数值计算方法要高。

● 条款精细化定价

在 Monte Carlo 模拟的基础上对条款进行精细化定价的详细讨论我们将在下一期即“转债定价专题研究（2）”中展开。

- **风险提示：**定价模型均基于股价服从几何正态分布的假设，以及对市场行为做了一定的假设，因此理论价格与实际价格有存在较大偏差的可能。

内容目录

| | |
|---------------------------|----|
| 1、中国可转债条款特殊 | 3 |
| 2、结构化模型 | 4 |
| 3、简约式模型 | 5 |
| 3.1 分解定价法 | 5 |
| 3.2 有限差分法 | 6 |
| 3.3 有限元法 | 8 |
| 3.4 Monte Carlo 模拟法 | 10 |
| 3.5 结语 | 11 |
| 4、参考文献 | 12 |

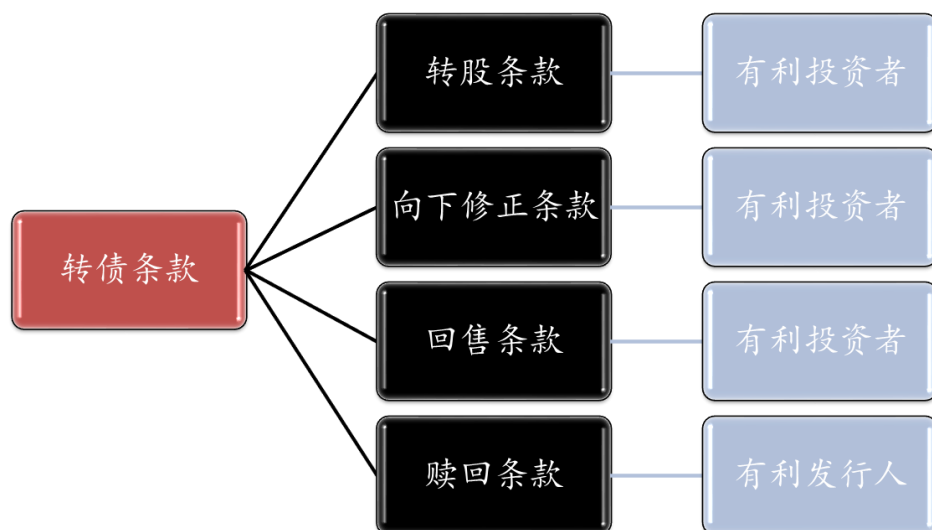
图表目录

| | |
|----------------------------|----|
| 图 1: 中国可转债的基本条款 | 3 |
| 图 2: 分解定价法之债底+欧式看涨期权 | 6 |
| 图 3: 分解定价法之债底+多个奇异期权 | 6 |
| 图 4: 二叉树模型示意图 | 9 |
| 图 5: 转债定价模型综述 | 11 |

1、中国可转债条款特殊

可转债是一种复杂的金融衍生品，兼具股票、债券和期权三种属性。可转债理论定价模型是学术界讨论的热点话题之一，国外可转债一般内嵌转股、赎回和回售三种期权条款，不同的内嵌期权条款赋予可转债参与者不同的权利，定价的复杂难度也主要体现在条款的复杂性上。对于转股条款，约定在一定期限内投资者可以执行转股权，即依据转股价格把债券转换成对应数目的公司股票，回售条款约定，公司股价若在一段时间连续低于转股价格的某一比例时，投资者有权利将可转债以约定价格回售给发行公司，赎回条款约定，公司股价若在一段时间连续低于转股价格的某一比例时，发行公司在特定条件下以约定价格赎回可转债。

图1：中国可转债的基本条款



数据来源：财通证券研究所

不同于国外可转债，中国可转债有两类比较特殊的条款，转股价格向下调整条款和转股价格向下修正条款（简称下修条款），转股价格向下调整条款约定发行公司若进行送股或转增股本、增发新股或配股或者分红派息时，将对转股价格进行一定的向下调整。下修条款约定当公司股价在一段时间连续低于转股价格的某一比例时，发行公司可以对转股价格向下修正。下面将以国金转债为例，展示条款的具体内容。

国金转债的赎回条款（有条件赎回）内容为，“在本次发行的可转债转股期内，公司有权决定按照债券面值加当期应计利息的价格赎回全部或部分未转股的可转债，在本次发行的可转债转股期内，如果公司A股股票连续30个交易日中至少有15个交易日的收盘价格不低于当期转股价格的130%（含130%）。”国金转债

的回售条款（有条件回售）内容为，“本次发行的可转债最后两个计息年度，如果公司A股股票在任何连续30个交易日的收盘价格低于当期转股价格的70%时，可转债持有人有权将其持有的可转债全部或部分按债券面值加上当期应计利息的价格回售给公司。”国金转债的下修条款内容为“在本次发行的可转债存续期间，当公司A股股票在任意连续30个交易日中至少有15个交易日的收盘价低于当期转股价格的90%时，公司董事会有权提出转股价格向下修正方案并提交公司股东大会审议表决，上述方案须经出席会议的股东所持表决权的三分之二以上通过方可实施。股东大会进行表决时，持有公司本次发行的可转债的股东应当回避。修正后的转股价格应不低于该次股东大会召开日前20个交易日公司A股股票交易均价和前一交易日公司A股股票的交易均价。”转股价格向下调整条款是一种被动条款，约定当公司因派送红股、转增股本、增发新股或配股、派送现金股利等情况（不包括因可转债转股而增加的股本），将按指定计算公式（招募说明书中有详细说明）进行转股价格的调整，这种条款属于被动调整条款，不在定价模型讨论范围内。

从上可见，可转债的内嵌期权条款是非常复杂的，并且很多都是严格路径依赖的条款期权，因此，学术界和业界对可转债估值进行了很多探讨，提出了很多可转债定价模型，大致可分为结构化模型和简约式模型，其中简约式模型比较多，还可以细分四类，分解定价法、有限差分法、有限元法和模拟法。

2、结构化模型

结构化模型起源于 Ingersoll (1977)，基于权益定价的思想，假设公司的资本结构只由可转债和普通股票构成，依据无套利原理，可转债投资者最优转换策略投资者应该不执行提早转换权是最优策略，投资者只会选择在到期转换(如果转换价值大于可转债面值)，或在被迫赎回时转换(如果转换价值大于赎回价格)，能够得出可转债价值解析解。Brennan 和 Schwartz (1977) 提出了一种可转债理论定价的数值计算方法，这种方法不仅能够考虑离散分红、离散债息、提前转换和赎回条款等特征而且可以适当扩展，放宽一些不符合现实的完美市场假设。

但结构化模型存在一些问题，首先，违约条件依赖于公司的资本结构，因为公司价值和债券价值有着直接的关系，而假设公司资本结构中仅包含可转债或可转债和一种高级债券是不符合实际情况的，一般来讲公司财务结构中包括很多种类不同信用级别的债券，所以，在违约情况下，可转债获得赔偿的顺序可能在较多的高级债券之后。因此，定价模型如果假设公司只有简单的资本结构，将不能精确地对可转债进行定价。但如果考虑具有多种级别债券的复杂资本结构，将使得定价模型的求解难度大大增加。再者，结构化模型需要用到公司层面的数据，比如公司价值，债券结构和合约条款。最后，如果公司发行的股票没有公开交易市场，

公司价值的相关数据将难于获得。

3、简约式模型

结构化模型和简约式模型的本质区别在于标的资产不一样,结构化模型的标的资产是公司价值,而简约式模型的标的资产是股票价格。简约式模型再细分为四类,分解定价法、有限差分法、有限元法和模拟法。

3.1 分解定价法

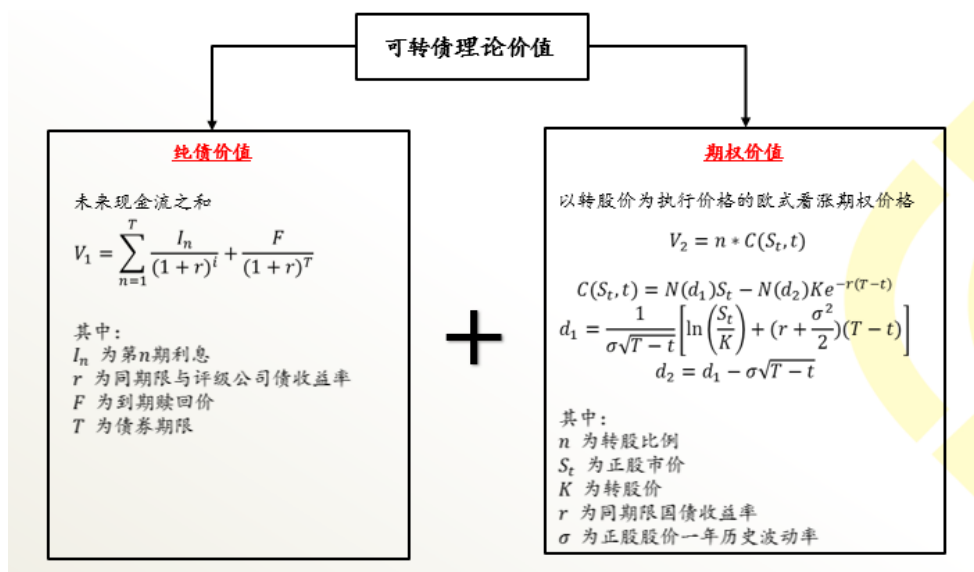
可转债可以看作是债券和期权的混合体,顾名思义,可转债价值应该可以分解为债券价值加上期权价值。如果把可转债中的转股期权看作是欧式看涨期权,那么最简单的分解方法为,可转债价值(CV) = 债券价值(B) + 欧式期权(C),具体计算公式分别为,

$$C = S \cdot N(d_1) - K \cdot e^{-r(T-t)} N(d_2).$$
$$d_1 = \frac{[\ln(\frac{S}{K}) + (r + \frac{\sigma^2}{2})(T-t)]}{\sigma\sqrt{T-t}}, d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}.$$

其中, S 表示正股价格, K 表示转股价格, σ 表示正股年化波动率, r 表示无风险利率, T 表示到期时间。

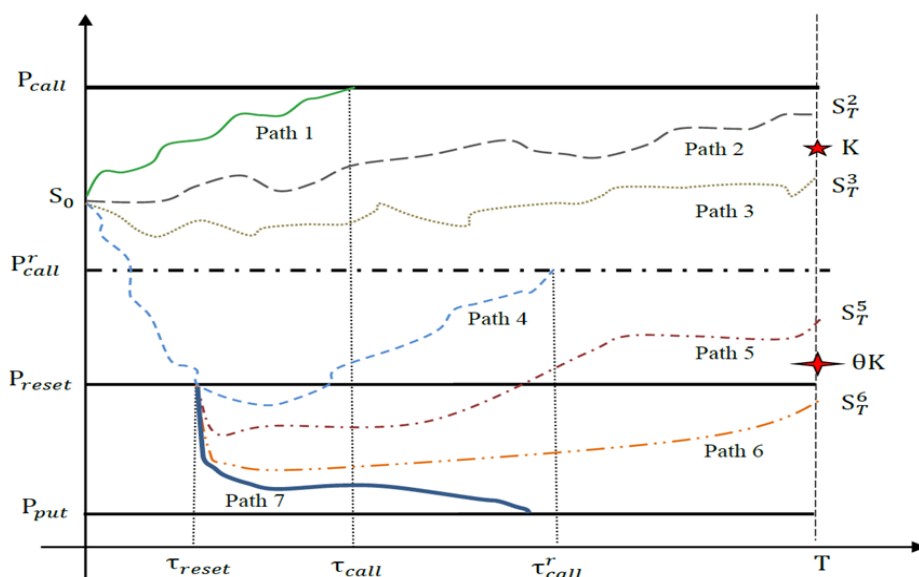
显然,如果仅仅将欧式看涨期权价值就看作是可转债内嵌期权价值的全部是不精确的。可转债的内嵌期权除了转股条款,还包含有赎回条款和回售条款等条款,而且这些期权一般都是严格路径依赖的,如果仅仅用香草期权(vanilla option,如欧式期权)来进行分解是不精确的,需要运用奇异期权进行分解。因此,周其源、吴冲锋和陈湘鹏(2007)进一步考虑赎回条款,将可赎回可转换债券分解成有普通债券和六种相对简单的奇异期权,此六种奇异期权分别为一份向上敲出买权、三份立即支付型规则美式二值买权,两份延迟支付型规则美式二值买权。再进一步,同时考虑赎回条款和回售条款,周其源(2007)运用路径分解法,将可赎回可回售可转换零息债券的价值分解成四类股价路径下的四种奇异期权,得出定价解析式。对于中国可转债来讲,除了赎回条款和回售条款,还应该包括下修条款,因此, Feng, Huang 和 Huang (2016)提出了可下修可赎回可回售可转换债券的定价模型,基于路径分解法,将可下修可赎回可回售可转换债券价值完全分解成债券面值贴现、利息现值和四种奇异期权价值。考虑到条款包含完整性和市场实用性, Feng, Huang 和 Huang (2016)是分解类型的定价模型中最贴近中国可转债市场实际情况的。

图2：分解定价法之债底+欧式看涨期权



数据来源：财通证券研究所

图3：分解定价法之债底+多个奇异期权



数据来源：feng, huang, huang (2016)

3.2 有限差分法

Black 和 Scholes (1973)最早提出为普通欧式期权定价的偏微分方程, 同样地, 对于可转债价值, 也可以推导出相对应的偏微分定价方程。可转债价值与普通欧式期权价值满足的偏微分方程的区别在于方程式和边界条件, 越复杂的内嵌期权条款对应于越复杂的微分方程式和边界条件。

仅仅考虑正股股价因素的称为单因子模型, 最早的是 McConnell 和 Schwartz

(1986)，假设公司股价服从几何布朗运动。值得注意的是，简约式模型在可转债的到期收益计算时进行了简化：可转债到期时，可转债价值等于可转债面值或者转换价值。对比地，结构化模型在可转债到期时的收益依赖于公司的资本结构假设。Tsiveriotis 和 Fernandes (1998) 将可转债分解成债券部分价值和股票部分价值两部分，债券部分价值的贴现率使用经过风险调整的利率，股票部分价值的贴现率使用无风险利率。Takahashi, Kobayashi 和 Nakagawa (2001) 应用 Duffie 和 Singleton (1999) 模型来考虑违约风险，用离散跳过程来刻画债券违约情况，将违约风险嵌入到股权部分价值且考虑违约后的部分债券回收，认为风险率 (hazard rate) 是股价的减函数。Ayache, Forsyth 和 Vetzal (2003) 提出泊松分布过程刻画违约风险，如果股票跳跃至某一百分比导致违约，将使得可转债价值损失某一比例 (0%-100%)，认为若完全违约导致百分之百的损失，股权部分价值将变为零，但是可转债持有者能够获得一部分面值补偿，在部分违约的情况下，股价是不变的，可转债持有者将选择获得一部分面值补偿或者选择转换股票。Lau 和 Kwok (2004) 借鉴 Takahashi, Kobayashi 和 Nakagawa (2001) 模型，重点讨论赎回条款，检验硬赎回条款和软赎回条款对可转债价值的影响。也可以考虑股价、利率或随机波动率等多因子模型，如 Carayannopoulos (1996) 引入 CIR 随机利率，提出基于公司价值和利率的两因子定价模型，但结论显示，在利率取合理范围内的值时，相对于两因子模型，单因子模型的误差一般并不大。

历史经验来看，Tsiveriotis 和 Fernandes (1998) 是最后市场欢迎的有限差分法类的定价模型。Tsiveriotis 和 Fernandes (1998) 的定价思路如下，将可转债 (V) 价值分成股权部分价值 (U) 和债权价值部分 (B)。股权部分价值的贴现率采用无风险利率，这是因为股权部分价值没有涉及到现金支付，只涉及到股权支付，而发行公司总是能提供无限的股权供应，因此不存在违约风险。而债权价值部分 (B) 的贴现率应采用无风险利率加信用价差，债券部分价值涉及到现金支付问题，会存在一定的违约风险。

可转债价值 V 应满足以下偏微分方程：

$$V_t + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 V_{SS} + rSV_S - r(V - B) - (r + r_c)B = 0.$$

债券部分价值 B 满足的偏微分方程为：

$$B_t + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 B_{SS} + rSB_S - (r + r_c)B = 0.$$

其中 S 表示标的正股价格， σ 表示股价波动率，r 表示无风险利率， r_c 表示信用风险利差。

因为中国可转债中还包含转股价格向下修正条款，但 Tsiveriotis 和 Fernandes (1998) 一文提出的原始模型中的可转债不包含此条款，只包含赎回条款和回售条款，基于中国可转债的实际情形，赖其男，姚长辉和王志诚 (2005) 详细地讨

论了转股价格向下修正条款对可转债价值方程中终端条件和边界条件的变化，认为基于公司的利益最大化角度，发行公司会先执行修正条款，为了避免回售，修正转股价后的可转债价值必然大于回售价格，而根据无套利原理，可转债价值一直大于转换价值，将两种条款一起处理之后的结论是：在回售期间，可转债价值的边界条件必须满足，可转债价值必须不小于转换价值和回售价格的最大值。具体形式如下：

$$\text{终端条件: } V(S_T, T) = \text{Max}(nS, F); B(S_T, T) = \begin{cases} F; F > nS \\ 0; F \leq nS \end{cases}$$

$$\text{边界条件: } V(S_t, t) = nK\pi, \text{ 若 } V(S_t, t) > \text{Max}(nK\pi, C_p);$$

$$V(S_t, t) = \text{Max}(nS, B), \text{ 若 } C_p < V(S_t, t) < nK\pi;$$

$$V(S_t, t) = \text{Max}(nS, B) \text{ 且 } V(S_t, t) \geq \text{Max}(nS, P_p), \text{ 若 } V(S_t, t) < C_p.$$

其中T表示可转债的到期日， n 表示转股比例， F 表示可转债面值， K 表示转股价格； π 为一百分比，根据各个可转债中赎回条款约定的赎回条件确定（我国通常为130%）， C_p 为赎回价格， P_p 为回售价格。

3.3 有限元法

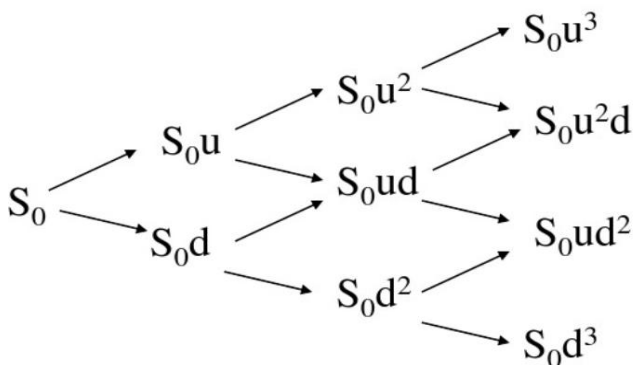
有限元法，跟有限差分法类似，有限元法主要也是用来数值求解可转债价值满足的偏微分方程。Cox, Ross 和 Rubinstein (1979) 首次提出二叉树法对欧式期权进行求解。二叉树模型假设股价未来有向上和向下两个方向，且假定每次向上或向下的概率和幅度都是已知的，从而生成一个股票未来路径的二叉树形，再根据未定权益的到期收益一步步往前倒推，从而得出每一个树节点上的未定权益的理论价格。从计算效率角度来看，Barone-Adesi, Bermudez 和 Hatgioannides (2003) 认为有限元法要优于有限差分法。主要有以下几点原因：第一，有限元法更加适合于模块化编程；第二，有限元法是基于整个网络格的总体算法，而有限差分法是单个节点分别进行计算；第三，有限元法能够处理一些非常规的定义域；第四，运用有限元法，能够考虑一些更复杂的更加符合实际情况的边界条件；第五，有限元法允许使用不规则的网格点，这样的计算效率要很高。Barone-Adesi, Bermudez 和 Hatgioannides (2003) 考虑随机利率和随机波动率。Hung 和 Wang (2002) 考虑随机利率 (Ho 和 Lee, 1986) 和信用风险 (Jarrow 和 Turnbull, 1995)，应用二叉树模型，在每个节点上估算三种概率：股价运行概率、利率运行概率和违约概率，认为这样能更好地刻画随机利率和违约风险，得出的可转债定价结果将更加精确。在实际操作中的经验发现，三叉树方法比二叉树方法更加受到欢迎，因为三叉树可以允许基础变量有三种不同的转换状态，而且，三叉树方法比二叉树方法的收敛速度要快。李念夷和陈懿冰 (2011) 运用三叉树模型对考虑违约风险的可转债进行定价。

下面将详细说明 Tsiveriotis 和 Fernandes (1998) 模型的二叉树方法实现步骤

以及在中国市场的调整应用。

第一步，在初始时间 $t = 0$ 时，股价为 S_0 ，在单位 dt 时间后，股价 S_1 有两种可能性： $S_0 * u$ 或 $S_0 * d$ ， u 表示上涨比例， d 表示下跌比例，根据无套利原理，可以推导出 $u = e^{\sigma\sqrt{dt}}$ ， $d = 1/u$ ，其中 σ 是股价波动率。股价二叉树如下图所示。

图4：二叉树模型示意图



数据来源：财通证券研究所

第二步，计算二叉树末端可转债的价值，由 Tsiveriotis 和 Fernandes (1998) 模型可知，可转债的价值 (V) 可以分成股权价值部分 (U) 和债权价值部分 (B)，即 $V(S, T) = B(S, T) + U(S, T)$ ，其中 $B(S, T)$ 表示可转债债权价值部分， $U(S, T)$ 表示可转债股权价值部分。在二叉树末端，如果 $nS \geq F$ ，则 $U(S, T) = nS$ ， $B(S, T) = 0$ ，其中 n 是转股比例，这说明到期转股价值不小于债券面值，则可转债行权，此时股权价值部分等于转股价值，债券价值部分等于 0。如果 $nS < F$ ，则 $U(S, T) = 0$ ， $B(S, T) = F$ ，这说明到期转股价值小于债券面值，则可转债放弃行权，此时股权价值部分 0，债券价值部分等于债券面值。

第三步，根据二叉树末端价值，根据如下的倒推公式，

$$B(i, j) = \exp[-(r + r_c)dt][p * B(i, j + 1) + (1 - p) * B(i + 1, j + 1) + coupon]$$

$$U(i, j) = \exp[-r dt][p * U(i, j + 1) + (1 - p) * U(i + 1, j + 1)]$$

$$V(i, j) = B(i, j) + U(i, j)$$

其中， $p = \frac{e^{rt} - d}{u - d}$ 表示风险中性概率， $coupon$ 表示第 j 期至第 $j+1$ 期获得的利息。

如果某个节点的股价满足了赎回条款，则可转债会行权， $U(i, j) = nS$ ， $B(i, j) = 0$ ， $V(i, j) = B(i, j) + U(i, j)$ 。

对于中国可转债，一般都会包含下修条款，姚长辉和王志诚 (2005) 认为基于公司的利益最大化角度，发行公司会先执行修正条款，为了避免回售，修正转股价后的可转债价值必然大于回售价格，而根据无套利原理，可转债价值一直大于转

换价值，将两种条款一起处理之后的结论是：在回售期间，可转债价值的边界条件必须满足，可转债价值必须不小于转换价值和回售价格的最大值。

所以，如果某个节点的股价满足了回售条款，则会满足， $U(i,j) = 0$ ， $B(i,j) = \max(nS, B_{put})$ ， $V(i,j) = B(i,j) + U(i,j)$ 。

第四步，重复上述步骤，倒推出每一个节点可转债价值。

3.4 Monte Carlo 模拟法

可转债的模拟法定价主要思路为，先根据标的股价过程生成多条随机的股价路径，然后根据可转债的条款合约约定内容，分析每条股价路径下的对应收益，然后将这些收益按照风险因子进行贴现，得出此条股价路径上的收益现值，最后对所有股价路径上的收益现值取平均值，得出可转债的理论价值。

模拟法的优势在于可以考虑多维度的定价问题，比如股价、利率和信用风险。而且，可转债的内嵌期权一般都是严格路径依赖的，比如硬赎回条款、软赎回条款、赎回触发条件、可修正的转换价格条款和序列性的转换条款。因此，模拟法能够更完全地捕捉标的股价过程和复杂的可转债条款，而且模拟法的计算效率可能比前面提到的数值计算方法要高。在定价过程中，模拟方法一般先生成一系列随机股价路径，然后在每条路径的任何时点上决定可转债投资者和发行者的最优执行策略，如果立即执行转换所得收益大于可转债的持有价值(continuation value)，那么转换期权将会在到期之前被执行。Longstaff 和 Schwartz (2001) 提出了最小二乘蒙特卡洛模拟法来计算可转债的持有价值，持有价值可以通过倒向演绎的简单回归过程来估算。Lvov, Yigitbasioglu 和 Bachir (2004) 考虑随机利率和信用风险，对比最小二乘蒙特卡洛方法和有限差分法(Ayache, Forsyth 和 Vetzal, 2003)的定价精度，结果显示此文提出的模拟法的平均定价误差为 0.24%，模拟法可以很方便的拓展到多维风险因子和路径依赖特征。Wilde 和 Kind (2005) 考虑信用风险和随机利率，假设违约概率和回收率被设为常数，认为相比闭式解和网格法，模拟法在实际情况中应用的更加广泛，随机利率对平值可转债的影响会更大，股价和利率的相关性能够影响可转债价值。模拟法的具体实现步骤如下。第一步，模拟扩散过程下的标的股价路径，假设股票满足几何布朗运动，那么可以得到标的股价过程满足如下式子：

$$S_t = S_0 \exp[(r - q - \sigma^2/2)t + \sigma B_t]$$

将股价离散化，假设 i 表示第 i 条标的股价模拟路径， $i = 1, \dots, M$ ， j 表示对RCB的初始时刻0到到期时刻T的时间上的分割，假设在 t_j 时刻的标的股价为 S_{t_j} ，则有：

$$S_{t_{j+1}}^i = S_{t_j}^i \exp\left[(r - \sigma^2/2)(t_{j+1} - t_j) + \sigma(B_{t_{j+1}} - B_{t_j})\right]$$

第二步,对每条路径根据可转债的赎回、回售、下修或到期等情况分别进行判断,计算出每一条路径对应的收益情况。第一种情况,若股价上涨触发条件赎回,因为发行者的赎回价格会远远小于转股价值,因此持有人将会立即选择转股,这条路径对应价值为转换价值,贴现率采用无风险利率;第二种情况,若股价下跌触发回售条件,发行人会理性地先选择下修转股价格,而下修后的转股价格应使得转股价值至少大于回售价格,第三种情况,若股价始终处于赎回边界和回售边界之间,那么持有人会持有可转债到期,而终值将会选择转股还是接受到期赎回价,如果到期股价不小于转股价格,持有人将选择转股,此时对应的贴现率为无风险利率,如果到期股价小于转股价格,持有人将选择接受到期赎回价,此时对应的贴现率为无风险利率加上信用价差。

第三步,重复上述两个步骤,并对各条路径对应收益的贴现值取平均值。

图5: 转债定价模型综述



数据来源: 财通证券研究所

3.5 结语

本报告对可转债理论定价文献进行了详细总结,定价模型大致可以分为两类,结构化模型和简约式模型,简约式模型再细分为分解定价法、有限差分法、有限元法和模拟法,并对每一类模型结合中国可转债的实际情况,如转股价格向下修正条款,进行了模型调整。理论定价模型都会对实际可转债条款进行一些必要的简化,其中模拟法是最能贴近实际市场情况的,最具有灵活性和实用性的定价方法,对于更进一步的可转债细化条款,比如条款保护期,条款触发中涉及到的巴黎期权特性(如触发赎回条款时,正股价格需满足在N天之内连续M天大于转股价格的130%),都能够很好地进行处理。这部分我们将在转债定价专题研究(2)中详细讨论。

4、参考文献

- [1] Ingersoll, J.E. A contingent claim valuation of convertible securities [J]. Journal of Finance Economics, 1977, 4: 289-322.
- [2] Brennan, M.J., Schwartz, E.S. Convertible bonds: valuation and optimal strategies for call and conversion [J]. Journal of Finance, 1977, 32(5): 1699-1715.
- [3] 周其源, 吴冲锋, 陈湘鹏. 付息可赎回可转换债券定价解析式: 完全拆解法 [J]. 中国管理科学, 2007, 15(2): 1-8.
- [4] 周其源. 可转换债券定价与分析研究 [D]. 上海交通大学, 2007.
- [5] Feng, Y., Huang, B.H., Huang, Y. Valuing resettable convertible bonds: Based on path decomposing [J]. Finance Research Letters, 2016, 19: 279-290.
- [6] Black, F., Scholes, M. The pricing of options and corporate liabilities [J]. Journal of Political Economics, 1973, 81: 637-654.
- [7] McConnell, J.J., Schwartz, E.S. LYON taming [J]. Journal of Finance, 1986, 41(3): 561-576.
- [8] Tsiveriotis, K., Fernandes, C. Valuing convertible bonds with credit risk [J]. Journal of Fixed Income, 1998, 8(3): 95-102.
- [9] Takahashi, A., Kobayashi, N., Nakagawa, N. Pricing convertible bonds with default risk [J]. Journal of Fixed Income, 2001, 11(3), 20-29.
- [10] Duffie, D., Singleton, K.J. Modeling term structures of defaultable bonds [J]. Review of Financial Studies, 1999, 12(4): 687-720.
- [11] Ayache, E., Forsyth, P.A., Vetzal, K.R. Valuation of convertible bonds with credit risk [J]. Journal of Derivatives, 2003, 11(1): 9-29.
- [12] Lau, K.W., Kowk, Y.K. Anatomy of option feature in convertible bonds [J]. Journal of Future Markets, 2004, 24(6): 513-532.
- [13] Carayannopoulos, P. Valuing convertible bonds under the assumption of stochastic interest rates: An empirical investigation [J]. Quarterly Journal of Business and Economics, 1996, 35: 17-31.
- [14] 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 [J]. 金融研究, 2005, 9: 105-121.
- [15] Cox, J.C., Ross, S.A., Rubinstein, M. Option pricing: A simplified approach [J]. Journal of Financial Economics, 1979, 7(3): 229-263.
- [16] Barone-Adesi, G., Bermudez, A., Hatgioannides, J. Two-factor convertible bonds valuation using the method of characteristics/finite elements [J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2003, 27(10): 1801-1831.
- [17] Hung, M.W., Wang, J.Y. Pricing convertibles bonds subject to default risk [J]. Journal of Derivatives, 2002, 10(2): 75-87.

- [18] Ho, T.S.Y., Lee, S.B. Term structure movements and pricing interest rate contingent claims [J]. The Journal of Finance, 1986, 41(5): 1011-1029.
- [19] Jarrow, R.A., Turnbull, S.M. Pricing options on derivative securities subject to credit risk [J]. Journal of Finance, 1995, 50(1): 53-85.
- [20] 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 [J]. 管理评论, 2011, 23(12): 26-31.
- [21] Longstaff, F., Schwartz, E. Valuing American options by simulation: a simple least-squares approach [J]. Review of Financial Studies, 2001, 14(1): 113-147.
- [22] Lvov, D., Yigitbasioglu, A.B., Bachir, N. Pricing of convertible bonds by simulation. Discussion Paper, 2004. ISMA Centre. The University of Reading. Available at <http://www.icmacentre.ac.uk/pdf/discussion/DP2004--15.pdf> (last accessed 5 February 2010).
- [23] Wilde, C., Kind, A.H. Pricing convertible bonds with Monte Carlo simulation. Working paper, 2005. Available at <http://ssrn.com/abstract=676507> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.676507> (last accessed 13 October 2012).

信息披露**分析师承诺**

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，并注册为证券分析师，具备专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解。本报告清晰地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，作者也不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

资质声明

财通证券股份有限公司具备中国证券监督管理委员会许可的证券投资咨询业务资格。

公司评级

买入：我们预计未来 6 个月内，个股相对大盘涨幅在 15%以上；
增持：我们预计未来 6 个月内，个股相对大盘涨幅介于 5%与 15%之间；
中性：我们预计未来 6 个月内，个股相对大盘涨幅介于-5%与 5%之间；
减持：我们预计未来 6 个月内，个股相对大盘涨幅介于-5%与-15%之间；
卖出：我们预计未来 6 个月内，个股相对大盘涨幅低于-15%。

行业评级

增持：我们预计未来 6 个月内，行业整体回报高于市场整体水平 5%以上；
中性：我们预计未来 6 个月内，行业整体回报介于市场整体水平-5%与 5%之间；
减持：我们预计未来 6 个月内，行业整体回报低于市场整体水平-5%以下。

免责声明

本报告仅供财通证券股份有限公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告的信息来源于已公开的资料，本公司不保证该等信息的准确性、完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向他人作出邀请。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本公司通过信息隔离墙对可能存在利益冲突的业务部门或关联机构之间的信息流动进行控制。因此，客户应注意，在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的情况下，本公司的员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司不对任何人使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告仅作为客户作出投资决策和公司投资顾问为客户提供投资建议的参考。客户应当独立作出投资决策，而基于本报告作出任何投资决定或就本报告要求任何解释前应咨询所在证券机构投资顾问和服务人员的意见；

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。