

【经济学研究】

# 可转换债券转换权的定价研究

刘维奇

(山西大学 数学系, 山西 太原 030006)

**关键词:** 转换权; Black—Scholes 模型; 债券价值模型

**摘要:** 作为企业融资、企业财务筹划、国有股权退出等领域的重要的金融创新工具, 可转换债券在我国有着巨大的发展潜力。根据可转换债券具有债券和潜在股票的双重特性, 文章分别从侧重于其期权性和债权性的角度对可转换债券转换权的定价问题进行了研究。阐明了可转换债券转换权的期权特征, 讨论了可转换债券转换权的 Black—Scholes 定价模型和债券价值定价模型, 指出两种定价模型在理论上的互通性和内在的一致性, 并以 2002 年 4 月万科发行的可转换公司债券为例, 对转换权的理论定价和实际定价结果及其差异进行了比较和分析。

中图分类号: F121 文献标识码: A 文章编号: 1000- 5935(2003)06- 0029- 05

在当今股票市场屡创新低, 业界呼吁大力发展债券市场和建设股票和债券协调发展的资本市场之时, 作为兼具股性和债性特征的可转换公司债券, 在我国的运用也逐步推开, 如南京水运、江苏阳光、万科、吴江丝绸、茂名炼油、虹桥机场等都进行了可转换债券筹资业务的尝试。2002 年石油大明、燕京啤酒、新钢钒、邯 钢铁、广电电子、青岛海尔、民生银行、雅戈尔等上市公司也跃跃欲试, 准备发行或申请发行规模较大的可转换公司债券。相信随着市场经济体制的逐步深化和完善, 随着相关法律法规对可转换债券发行主体资格的逐步放松(目前仅限于国有重点企业和上市公司, 这对可转换债券这种金融创新产品在我国资本市场上作用的发挥有一种先天的制约), 随着创业板市场的开通(这只是个迟早的问题), 可转换债券在企业筹资、企业财务筹划、国有股权退出等领域将有着广阔的应用前景。可转换债券的发行上市将会对资本市场的综合发展有一个大的驱动, 特别是对于处于成长期的民营高科技企业和国有股退出的财务设计来说前景更好。可转换债

券因其具有“收益可以无限而风险有限”的投资启示而在资本市场上魅力无穷, 但其根源还在于其特殊性质——可转换性。因此从可转换债券实践的未来需求, 研究可转换债券转换权的定价问题, 探讨可转换债券的价值究竟值几何, 对于投资者和筹资者来说都具有现实的指导意义。

## 一 转换权是期权

期权(Option) 又称期货合约选择权, 指购买者在支付一定数额的权利金后, 即可拥有在一定时间内以特定价格买卖一定数量的相关商品(也称标的资产或标的商品) 合约的权利。这种权利是有选择的, 期权持有者既可以依据规定实际买卖标的商品, 也可以放弃这种权利。期权交易自产生以来, 就因其具有“四两拨千斤”的投资杠杆效应给证券市场带来了极大的获利机会, 而作为套期保值的金融创新工具则更是深受投资者的青睐, 其发展之迅猛、应用之广泛已不日而语。本文讨论的可转换债券(Convertible Bond) 作为债券的一种形式, 在具有债券一

收稿日期: 2003- 08- 26

作者简介: 刘维奇(1963- ), 男, 山西忻州人, 山西大学数学系副教授, 硕士, 主要从事概率论与数理统计研究。

般属性(按期还本付息)的基础上,还有着区别于一般债券的本质特征——可转换性(Convertibility),可转换性意味着可转换债券蕴涵着债转股的选择权,这种选择权赋予了可转换债券持有人在可转换债券契约规定的未来转换期间内可以以事先约定的转换价格(一般高于发行时股价的20%~30%)买卖约定数量的发行公司股票,也可以放弃这种“转换权”权利,任何发行公司不得强迫债券持有人将所持公司可转换债券转为股票。可见,可转换债券上附着的转换选择权实际上是一种买入股票的期权,投资于可转换债券就相当于投资者拥有了买入股票商品的期权,而发行可转换债券的企业则可看成是这种期权的卖方。这种期权的取得成本即期权的权利金是投资于可转换债券的成本与投资于不附转换选择权的同类债券投资成本之差额。由于标的股票价格上涨且高于转股价格时行使转换权才有意义,因此可转换债券的投资者以权利金为代价购入期权看好的是拟转换成的股票的上涨前景,所以作为期权意义的转换权实际上是一种看涨期权。既然我们把可转换债券的转换权界定为一种期权,且是一种看涨期权,我们就可以用Black—Scholes模型<sup>[1]</sup>来对转换权进行定价。同时由于可转换债券的混合权益性质,我们还可以利用普通债券和可转换债券的价值模型来为转换权定价。本文分别以这两种模型对转换权的定价问题进行了研究,同时也进行了两种模型的比较研究,并阐明了两种定价模型的内在统一性。

## 二 转换权定价的Black—Scholes模型

作为一种衍生债券,可转换债券具有普通债券和美式看涨期权的双重特性,其价值由两部分构成,债券本身的价值和可转换债券内涵的看涨期权的价值。为了简便起见,我们假定可转换债券是不可赎回的,标的股票在可转换债券发行至到期日前不分配现金股利。

对于转换期为一个期间而非一个时点的可转换债券,即可转换债券内涵的看涨期权是美式看涨期权的情形,我们可以合理地假设债券持有人在到期日之前不会行使转换,因为提前行使转换权无疑放弃了股票价格可能继续上涨而进一步获利的机会,也就是放弃了期权的时间价值。所以,我们可以合理地假定可转换债券内涵期权要等到债券到期日才执行。事实上,在不考虑公司破产和偿还债务能力的情况下,Ho已证明<sup>[2]</sup>,考虑到可转换债券极低的

票面利率,可转换债券持有人是不会提前行使转换权的,在可转换债券到期之前,如果投资者认为股价已足够高了,那么,出售可转换债券将是严格优于行使转换权的。这样我们就可以将转换权界定为欧式看涨期权,因此可以利用Black—Scholes期权定价模型来对转换权进行定价。

假设A公司发行了n年期、面值为P、年利率为r、每年末支付利息的可转换债券T张,债券契约规定在可转换债券发行m(<n)年后至到期日前,债券持有人可以按转换价格X(即股票期权的执行价格)及转换比率R(=P/X)将可转换债券转换为A公司的普通股票。已知目前A公司股票的现价为S<sub>0</sub>,股价的历史波动率为σ,市场的无风险利率为r<sub>f</sub>(连续复利计息,年利率),与该可转换债券信用等级相同的同类债券的发行利率为r<sub>0</sub>(假设按面值发行)。根据上面的分析,我们认为可转换债券的持有人将等到债券到期才考虑进行转换,那么依据Black—Scholes期权定价模型,转换权的定价过程如下。

每份看涨期权在时点t的价值

$$c(t) = S_t N(d_1) - X e^{-r_f(n-t)} N(d_2) \quad 0 \leq t \leq n \quad (1)$$

其中

$$d_1 = \frac{\log\left(\frac{S_t}{X}\right) + r_f(n-t) + \frac{\sigma^2(n-t)}{2}}{\sigma \sqrt{n-t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{n-t}$$

N(d)为标准正态N(0,1)分布下随机变量ξ小于d的概率,即N(d)=P(ξ<d);n-t为距期权到期日的时间或期权的有效期(在可转换债券发行时点上t=0);S<sub>t</sub>为标的股票在时点t的时价。又由于每张可转换债券内涵的期权份数为每张可转换债券的转换比率R,因此每张可转换债券内涵转换权在时点t的价值

$$C(t) = R \times c(t) = \frac{P}{X} \times c(t) \quad 0 \leq t \leq n \quad (2)$$

显然每张可转换债券内涵的转换权在发行时点上的价值为C(0)。

该模型的运用说明:

1. 模型给出的是在任何时点t时转换权的定价公式,因此公式中的S<sub>t</sub>、r<sub>f</sub>、σ等参数均随时点t的不同而不同,如果是预测性质的定价,则应采用参数S<sub>t</sub>的预测值,而一般认为r<sub>f</sub>和σ是稳定的。可转换债券发行时点只是一个特例,当然C(0)对可转

换债券发行时的定价至关重要,而  $C(t)$  则对转换权在可转换债券存续期内的交易价格起决定作用。

2. 该模型的前提条件中假设可转换债券转换前按年支付利息,仅债券面值部分参与债转股,如果债券契约规定可转换债券是一次还本付息债券,单利计息并可连本带息进行转换的话,则该模型中的转换比率  $R' = \frac{P(1+nr)}{X}$ , 转换权价值  $C(t) = R' \times c(t)$ ,  $c(t)$  值的计算不受影响。

3. 配送股对转换权定价的影响。可转换债券具有隐含期权的股权性质,意指可转换债券的持有人一旦行使转换权就将成为公司股东,和原股东享有同等的权利。因此当公司在转换期内进行送红股、配股等非经营性行为时,引起股价下跌,公司原股东可以从送配股中得到补偿,而可转换债券的持有人在转换前却无权接受红股、无权参与配股,他们将蒙受潜在的损失。为保护可转换债券投资者的利益,债券契约一般规定调整条款,即按调整前后可转换债券持有人拥有的潜在股权价值不变的原则调整转换价格  $X$  和相应的转换比例  $R$ ,投资者只需按照调整后的转换价格和转换比例来相应调整转换权定价模型即可。

### 三 转换权定价的债券价值模型

前已叙及,作为一种衍生债券可转换债券具有混合权益性质,在转换之前可转换债券毕竟还是债券,因此我们还可以利用普通债券和可转换债券的价值模型来为转换权定价。为此,我们需要分别求出可转换债券的市场价值  $M$  和不附转换条款的信用等级相同的同类债券的价值  $B$ ,根据其差额来确定转换权的价值  $C$ ,在此我们需要运用一般债券的未来现金流量折现定价模型,具体方法如下。

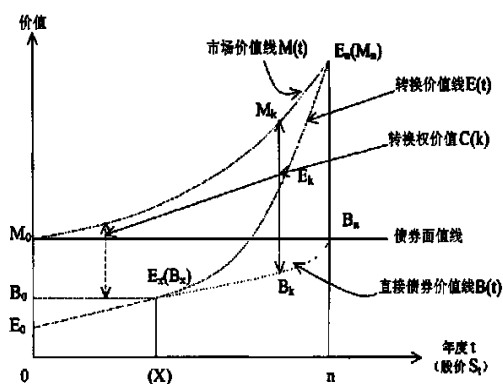
#### (一) 关于 $M$ 的计算

由于可转换债券内涵期权的权益资本特性,决定了可转换债券定价的复杂性,二十世纪七十年代 Black-Scholes 期权定价模型的问世,为可转换债券的定价提供了思路并打开了突破口。Ingersoll, Merton, Black & Cox, Brennez, Schwartz & Longstaff, Ho & Pfeffer 以及王承炜和吴冲锋等<sup>[2]</sup>相继提出一些模型来解决可转换债券的定价问题,为可转换债券的价值分析和条款设计提供了有价值的理论框架和决策依据,也为可转换债券在二级市场上交易价格的形成提供了理论支撑。本文对这一问题不作研究,仅借用基于此而形成的可转换债券的市场价值信息,相信证券市场上反映出来的可转换债券价格

代表真正的  $M$ 。

在假定可转换债券标的股票的价格趋升的情况下(这也是符合可转换债券发行方和投资方初衷的,否则可转换债券不可能以极低的票面利率成功发行,也不可能成为经营不稳定公司和处于成长期高科技企业融资的重要工具),时间的延伸即等价于股价的上升,因此后面图示中横轴的选择有一定的分析意义。考虑到随着股价的上升,在股价低于转换价格之前,可转换债券的直接债券特性在其价值决定中是绝对控制因素,而当股价上升至转换价格之上时,可转换债券的潜在股票特性又在其价值构成中起绝对控制作用,因此可转换债券的市场价值线在理论上是直接债券价值线  $B_0E_n$  和转换价值线  $E_0E_n$  二者之间的最高者。又由于投资人对未来预期的差异等因素,可转换债券的市场价值线  $M_0M_n$  实际上还会高于其理论价值线  $B_0E_n$ , 如下图所示。本文由于界定可转换债券的持有人对未来股票看涨,即使转换价值  $E_xM_n$  已经高于直接债券价值  $E_xB_n$ , 还寄希望于股价的进一步上涨而获取更大的投资收益。结合  $H_0$  的断言,即如果投资者认为股价已足够高了,那么出售可转换债券也是严格优于行使转换权的,而这一出售行为对当前可转换债券价值和内涵期权价值的确定并无影响,只是一方面改变了未来行使转换权的主体,另一方面转换权的部分价值  $B_kE_k$  已经在第一可转换债券投资人那里得以实现,而第二个可转换债券投资人的买权价值(即购买可转换债券内涵期权的价格)是  $E_kM_k$ 。因此附着在可转换债券上的全部内涵期权的价值是  $B_kM_k$ , 因此,在下方我们取  $B = B_0E_xB_n$ 。

图示:



#### (二) 关于 $B$ 的计算

$$B(t) = \sum_{i=t+1}^n \frac{I_i + P_i}{(1+r_0)^{i-t}} \quad t = 0, 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

其中,  $B(t)$  表示不附转换条款但信用等级与可转换债券相同的同类债券在时点  $t$  的价值,  $I_i$  表示可转换债券在时点  $i$  时所需支付的利息,  $P_i$  表示可转换债券在时点  $i$  时所需支付的本金,  $r_0$  表示折现率, 在此我们选择了与该可转换债券信用等级相同的同类债券的发行利率  $r_0$ 。由于前面我们假定这种不附转换条款的信用等级相同的同类债券按面值发行, 因此  $r_0$  也代表了投资者对该种债券投资的期望收益率, 选择为折现率是合理的。在可转换债券发行日, 直接债券价值为  $B(0)$ 。

### (三) 关于 C 的计算

由上面的分析可见, 转换权在时点  $t$  的价值模型

$$C(t) = M(t) - B(t) \quad t = 0, 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

在可转换债券发行日对转换权的定价如下:  $C(0) = M(0) - B(0)$ 。其中  $M(0)$  就是可转换债券的市场发行价, 反映了投资者在权衡了可转换债券的债券保底收益和对标的股票未来价格上涨看好的预期权益资本收益之后对可转换债券价值的总评价。

## 四 两种定价模型比较及实例分析

本文认为两种定价模型各有所长, 各有其适用条件。转换权定价的 Black-Scholes 模型在理论上比较完善, 计算公式精确, 但其根源于很严格的前提条件<sup>[3]</sup>, 而且基本上是依据标的股票的价格及其波动规律来确定的, 并没有考虑可转换债券本身直观的市场价值信息。还有一个应用障碍就是对大多数人而言, 其中复杂的数学运算符号令人难以理解和难以掌握。考虑到 Black-Scholes 模型假设条件的合理性, 考虑到可转换债券本身市场价值的变化实际上也是源于标的股票市价的波动, 考虑到社会普遍知识水平的提高, 转换权的 Black-Scholes 定价模型仍不失其重要的理论指导意义和在实践中的广泛使用。而转换权定价的债券价值模型是基于可转换债券的市场价值模型和信用等级相同但不附转换条款的同类债券的价值模型来确定的。这种方法计算比较简便, 市场价值信息直观、易得, 而且避开了标的股票的市价信息, 这对于那些暂还没有发行普通股票但已先行发行了可转换债券的成长型企业发行的可转换债券及其转换权的定价问题提供了一个简便易行的方法。其不足之处是对于不能上市交易的可转换债券来说, 其市场价值的确定就只能是一种理论预测数, 不仅有失客观性和简洁直观性之优点, 而且其计算还依赖于复杂的 Black-Scholes 定

价模型。特别当遇到还未发行标的股票的情形时, 定价就更依赖于对未来的预期, 预测因素越多, 计算结果的可靠性就越差。总之两种定价模型是各有所长又相互借鉴, 他们之间通过标的股票的市价信息是相通的, 在本质上是一致的, 如果投资者能够对这两种方法都有所认识和了解, 将两种方法结合起来, 根据具体环境灵活运用, 那么两种模型必将会起到相互补充、相得益彰的应用效果。下面我们以 2002 年 4 月 6 日发行的万科转债的转换权定价问题作一实例分析:

2002 年 4 月, 深万科发行了总额 15 亿元、5 年期、面值 100 元、年利率 1.5%、每年付息一次的可转换公司债券, 债券契约规定持有人可以按转换价格 12.10 元(即股票期权的执行价格)将可转换债券转换为该公司的普通股票并可上市流通。发行时万科股票的现价为 11.57 元(2002 年 6 月 6 日的收盘价), 股价的历史波动率为 21.89%(从 Bloomberg 系统查询), 市场的无风险利率取值 2.15%(以 9905 国债 5 月 29 日价格计算), 与该可转换债券信用等级相同但不附转换条款的同类债券的市场利率假定为 5.5%(取银行同期贷款利率)。那么按本文所给模型可分别计算出万科转债转换权的价值  $C(0)$ 。

### 1. 采用转换权的 Black-Scholes 定价模型

由题意可知  $t = 0, n = 5, P = 100, r = 1.5\%, X = 12.10, S_0 = 11.57, \sigma = 21.89\%, r_f = \log(1 + 2.15\%) = 2.13\%$ , 那么

$$d_1 = \frac{\log\left(\frac{S_t}{X}\right) + r_f(n-t) + \frac{\sigma^2(n-t)}{2}}{\sigma\sqrt{n-t}}$$

$$= \frac{\log\left(\frac{S_0}{X}\right) + r_f n + \frac{\sigma^2 n}{2}}{\sigma\sqrt{n}} = 0.3708$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{n-t} = d_1 - \sigma\sqrt{n} = -0.1187$$

根据公式(1), 每份期权价值

$$c(t) = S_t N(d_1) - X e^{-r_f(n-t)} N(d_2)$$

$$= S_0 N(d_1) - X e^{-r_f n} N(d_2) = 2.534$$

由于转换比率  $R = P \div X = 8.26$ , 所以每张可转换债券转换权的价值

$$C(0) = R \times c(0) = 8.26 \times 2.534 = 20.94$$

### 2. 采用转换权的债券价值定价模型

由题意可知  $r_0 = 5.5\%$ , 根据公式(3), 不附转换条款的信用等级相同的同类债券的价值

$$B(0) = \sum_{i=1}^3 \frac{I_i + P_i}{(1+r_0)^i} = 82.92$$

由于可转换债券在发行时点的市场价值(即发行价)

$M(0) = 100$ , 所以每张可转换债券转换权的价值

$$C(0) = M(0) - B(0) = 17.08$$

这里出现了两种模型下对转换权定价的一定偏差(20.94 - 17.08 = 3.86)。可以从以下两点来解释偏差形成的原因:一是当前资本市场低迷,投资者对股市的疑虑直接波及到对债市的信心,所以可转债发行价格  $M(0)$  偏低,拉大了两种理论模型定价的距离;二是由于近年来股市积累的股价泡沫,使得上市公司股票市价奇高,市盈率偏大,所以在模型中使用的万科股票现价  $S_0$  可能比公司真实股价大,从模型的计算公式可知,  $S_0$  的偏大也会加大两种模型理论定价的距离。在有效的资本市场上,如果投资人是理性的,两种定价模型的差异一定不会过大,理论定价的计算结果应该趋于一致,这一实证研究成果也从一个侧面说明了我国证券市场特别是可转换

债券市场的有效性程度还很低。

在万科可转换债券投资价值分析报告中,与万科可转换公司债券信用等级相同但不附转换条款的同类债券的市场利率被假定为 2.65% (高于市场无风险利率 0.5 个百分点),据此计算所得的  $B(0) = 94.68$ , 按此计算发行时点的转换权价值  $C(0) = 100 - 94.68 = 5.32$ , 两种模型定价结果差距更大。笔者认为  $r_0$  取值为同期银行贷款利率较为合适。

参考文献:

- [1] 布里斯等. 期权、期货和特种衍生证券[M]. 史树中等译. 北京: 机械工业出版社, 2002. 91 - 108.
- [2] 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(4): 47 - 53.
- [3] 宋威. 金融数学模型[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 1999. 187 - 192.

## The Research on the Conversion Option's Pricing of Convertible Bond

LIU Wei-qi

(Department of Mathematics, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

**Key words:** Conversion Option; Black-Scholes Model; Model on the Bond Value

**Abstract:** As an important tool of financial innovation in the fields of financing, business financial designing and state-owned stock right withdrawal, the Convertible Bond(CB) has tremendous developing potential in China. In accordance with CB's duality of being bond and potential stock, this paper makes a research on the conversion option's pricing of CB from the viewpoint of its optional and obligatory nature. It illustrates the option character of CB, discusses its Black-Scholes pricing model and the model on the bond value, and points out the theoretical mutuality and inherent uniformity of the two pricing models. Taking Wanke's CB issued in April 2002 as an example, the paper also compares and analyses the outcome of and difference between its theoretical pricing and practical pricing of the conversion option.

(责任编辑 郭庆华)