

中国可转债定价模型比较研究

郑振龙 竺添晟 陈 蓉*

摘要: 本文比较各种可转债定价模型的精度。我们利用五种常见定价模型计算可转债的理论价值,根据可转债市场价格和理论价值的偏离程度构建可转债横截面多空对冲组合,通过各模型多空对冲组合的超额收益率和 alpha 来比较各种定价模型的精度。研究表明,中国可转债市场平均价格早年被严重低估,近年市场平均错误定价水平呈周期变化。定价模型所用假设越少、对可转债条款考虑越充分越能捕捉市场定价错误,进而能产生更高的多空组合超额收益和 alpha。

关键词: 可转换债券;定价模型;收益率预测

DOI: 10.13821/j.cnki.ceq.2025.01.11

一、引 言

可转债是一种内含多种期权的复杂金融衍生品。可转债包含转股、赎回、回售等期权,这些期权具有相互影响和高度路径依赖的特征,因此可转债定价成为资产定价领域的一项难题,受到国内外学者的广泛重视。

国外较早开始对可转债定价理论进行研究。Ingersoll(1977)、Brennan and Schwartz (1977)最早将公司价值作为基础变量推导出可转债的结构化定价模型,但是结构化模型存在公司价值与资本结构难以观测等不足,因此后续研究大多把股价作为基础变量并构建简约式定价模型(例如 McConnell and Schwartz, 1986)。此后的研究对可转债的利率风险(Thomas and Pfeffer, 1996)、信用风险(Tsiveriotis and Fernandes, 1998; Ayache et al., 2003; Wang and Dai, 2017)等问题做了更精细的拓展。可转债条款和参数设定的复杂性导致可转债价格几乎没有解析解,因此多数研究通过数值模型对可转债进行定价,常见方法包括微分方程法或树模型(Ammann et al., 2003; Wang and Dai, 2017)、蒙特卡洛模拟(Batten et al., 2018)等。

由于中国与欧美发达国家的可转债条款差异较大,国外模型不能直接应用于中国市场。国内可转债的发行者有更大的倾向让投资者转股而不是到期还款或者提前回售(郑振龙和康朝锋,2004;郑振龙和林海,2004b),加上国内的回售条款更容易被触发,为了避免回售和到期赎回,中国的可转债基本都给予发行者下修转股价的权利。下修权的存在

* 郑振龙、竺添晟、陈蓉,厦门大学管理学院财务学系。通信作者及地址:陈蓉,福建省厦门市思明区思明南路422号厦门大学管理学院,361005;电话:13860126618;E-mail:aronge@xmu.edu.cn。作者感谢主编及两位匿名审稿人提供的宝贵意见,使本文更加完善。感谢国家自然科学基金(72371210、72071168)的资助。

使可转债的定价难度显著提高。虽然有相关学者对此展开研究(例如 Kimura and Shinohara, 2006 等),但是这些研究对下修权的设定与中国境内可转债下修条款存在区别,较难直接应用。

为估计下修权对转债价值的影响,部分学者把回售权和下修权合并成一个边界条件,其效果是给转债价值设置下限(马超群和唐耿,2004;赖其男等,2005;马长福等,2019)。这种方法无法准确反映中国可转债条款的高度路径依赖特征,因此用这种方法来定价就会存在较大误差。还有部分学者假设公司面临回售压力时会将转股价下降固定的比例(李念夷和陈懿冰,2011;王茵田和文志瑛,2018),而现实中这一比例是时变的,这些设定可能会对下修权价值的估计形成偏差。郑振龙和林海(2004a)通过模型法确定下修幅度,他们假设公司面临回售压力时应当下修转股价,使得基于 Black and Scholes(1973)模型(下文简称 BS 模型)计算的可转债价值略高于回售价值,从而较为客观地量化转股价下修比例。

可转债定价的准确性是制定投资策略、对冲和风险管理的核心。国内外学者通常用可转债的市场价格评价定价模型的精确性。这样做的前提是可转债市场是有效的。但起步晚、散户比例高、转债条款更复杂导致定价难等因素使得中国可转债市场长期以来定价效率较低。众多文献都发现国内的可转债市场定价效率很低,可转债市场价格错误明显。例如,郑振龙和林海(2004a)、唐国正(2005)、刘娥平和韦科帆(2006)、张崢等(2006)等发现中国可转债市场的折价程度远高于国外市场。郑振龙和康朝锋(2006)发现中国可转债市场频繁出现时间价值为负的情况。在市场定价错误的情况下,可转债市场价格自然就无法作为衡量定价模型准确度的基准。在这种情况下,如何找出更精准的定价模型呢?

我们通过比较各种定价模型捕捉市场错误的力量来确定哪种模型更为精确。具体方法是利用各模型价格与市场价格的差异分别计算“市场定价错误”,并据此分别建立交易策略,比较哪种模型更能捕捉市场错误,获取更高的超额收益率。捕捉市场定价错误能力越强的模型就越有可能是正确模型。周铭山等(2013)也采取了类似的做法,但该文只是评估了 BS 模型的准确性。

相比股票市场而言,在可转债等衍生品市场使用这种方法有一种天然的优势:可转债有确定的到期期限,并且有可能因赎回和回售而提前结束。由于可转债结束时的回报是由其发行条款规定的,因此可转债价值在结束时是明确的,市场套利力量会促使可转债市场定价错误随着可转债结束而消失。因此只要在研究样本中包含了较多数量的已结束样本,其研究结论就会较为可靠。如果可转债定价模型能够准确反映可转债价值,那么当前的可转债定价错误在未来势必会得到修复,利用市场定价错误构建的对冲组合应能获得显著的超额收益率。

由于可转债在结束时其市场定价错误会趋于消失,这时正确的模型定价结果应该趋近于市场价。因此我们还可以用结束时各种模型定价结果是否趋近于市场价格作为衡量各种定价模型准确性的标准之一。

本文首先选择五种最有代表性的可转债定价模型分别计算 2000 年 7 月至 2022 年 6 月所有沪深可转债的理论价值,这五种模型包括:BS 模型(Black and Scholes, 1973; Ingersoll, 1977)、Tsiveriotis and Fernandes(1998)模型、郑振龙和林海(2004a)模型、赖其男

等(2005)模型、刘娥平和韦科帆(2006)模型。本文发现:2006年前可转债市场平均价格被严重低估,此后可转债市场平均定价错误呈现均值回归特征。本文还发现,可转债的平均定价错误随剩余期限缩短先上升后下降,临近到期时收敛。这意味着如果可转债定价模型足够精确,通过做多市场价格被低估的可转债,做空被高估的可转债,然后持有到期就能获得超额收益。

为了检验各种可转债定价模型的准确性,我们根据每个月末所有可转债市场价格与不同模型理论价值计算出所有可转债的定价错误(简称横截面定价错误),并根据定价错误的程度从低到高把所有可转债分为五个组合,分别统计各组合和多空组合的等权超额收益率。实证结果表明,利用横截面定价错误构建的多空组合都可以获得显著为正的超额收益率。其中郑振龙和林海(2004a)模型表现最好,该模型的多空组合在全样本和分段样本中都可以获得统计上和经济上非常显著的超额收益率和 alpha。我们还展开了一系列稳健性测试,检验结果证明了本文结论的稳健性。

本文的主要贡献在于:第一,提出更适合中国可转债市场现状的定价模型评价方法,有助于更科学、精确地评价不同定价模型的表现;第二,从理论上综合分析各种定价模型在刻画可转债相关主体行为、数值算法选取等方面的优势与不足,为改进中国可转债定价模型提供重要参考;第三,实证结果表明,本文检验的五种可转债定价模型均能捕捉市场定价错误,并利用市场定价错误获得超额收益,其中郑振龙和林海(2004a)模型表现最好。

二、模型分析和比较

本文重点关注可转债相关主体行为建模方式与数值算法的不同将如何影响定价模型的精确性。本文选取的模型都假设相关主体采取理性行为,包括 BS 模型(Black and Scholes, 1973; Ingersoll, 1977)、Tsiveriotis and Fernandes(1998)模型(下文简称 TF 模型)、赖其男等(2006)模型(下文简称 LYW 模型)、刘娥平和韦科帆(2006)模型(下文简称 LW 模型)、郑振龙和林海(2004a)模型(下文简称 ZL 模型)。接下来我们将介绍每个模型的原理^①。

(一) BS 模型

假设股价 S_t 在风险中性世界中服从几何布朗运动。根据 Black and Scholes(1973)框架,可转债价值 V_t 满足如下偏微分方程(partial differential equation, PDE):

$$\frac{\partial V_t}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S_t^2 \frac{\partial^2 V_t}{\partial S_t^2} + r S_t \frac{\partial V_t}{\partial S_t} - r V_t = 0, \quad (1)$$

其中, σ 代表股票年化波动率, r 代表无风险利率。假设只考虑到期转股条款,到期时转债价值满足如下边界条件:

$$V_T = \text{Max}\left(S_T \times \frac{FV}{X}, B_T\right), \quad (2)$$

^① 限于篇幅,本部分仅介绍上述模型的关键步骤,具体细节可参看对应的原文。

该式代表转债到期价值应该等于转股价值和到期赎回价中的较大者。其中 FV 和 X 分别代表转债面值和转股价格, B_T 代表债券本金部分在到期时刻的价值,在我国等于到期赎回价(包括面值、最后一期利息和利息补偿)。在不考虑可赎回、可回售和转股价下修权等条款的情况下,根据 Ingersoll(1977),上述可转债的价值 V_t 等于债券价值加转股权价值 W_t ,其中转股权价值 W_t 为:

$$W_t = S'_t N(d_1) - B_T e^{-r(T-t)} N(d_2), \quad (3)$$

其中 $S'_t = S_t \cdot \frac{FV}{X}$, $d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S'_t}{B_T} + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)\right)}{\sigma\sqrt{T-t}}$, $d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$, 而债券价值则是通过将可转债的利息和到期本金按无风险利率贴现加总求得。

该模型最大的优势是形式简单,而且具有解析解便于计算,但是该模型忽略了可转债的可赎回、可回售和转股价的下修权等条款对可转债价值的影响。没有考虑可赎回条款将导致该模型高估可转债价值;没有考虑可回售和转股价的下修权条款,则会低估可转债价值。

(二) TF 模型

TF 模型与 BS 模型的重要区别主要体现在:

第一,TF 模型考虑了可转债可赎回、可回售等条款对可转债价值的影响。

第二,Tsiveriotis and Fernandes(1998)发现,如果可转债最终转换成股票,则投资者并不会面临违约风险,因为发行者总是可以向投资者交付本公司的股票。只有本金、利息和回售金额才会面临信用风险。因此如果将可转债未来的所有回报全部用无风险利率加上信用利差来贴现,势必低估可转债的价值。

第三,虽然可转债是普通债券和期权的混合债券,但由于其内含的转股权、赎回权、回售权等条款,使其债券部分所能带来的现金流是无法事先确定的,它依赖于股价的路径。因此不能将债券部分和期权部分分开定价,而应该同时定价。

第四,为了解决上述两个问题,Tsiveriotis and Fernandes(1998)提出了可转债的现金流部分(cash-only part of the convertible,下文简称 COCB),COCB 的持有者可以获得相应转债的最优行为持有者应收到的所有现金流而无法收到股票流。COCB 的价值可以用无风险利率加信用利率来贴现,而可转债股票流部分的价值($V_t - U_t$)只能用无风险利率贴现。这样,可转债价值 V_t 与 COCB 的价值 U_t 应遵循如下 PDE:

$$\begin{cases} \frac{\partial V_t}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S_t^2 \frac{\partial^2 V_t}{\partial S_t^2} + r S_t \frac{\partial V_t}{\partial S_t} - r(V_t - U_t) - (r + r_c) U_t = 0 \\ \frac{\partial U_t}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S_t^2 \frac{\partial^2 U_t}{\partial S_t^2} + r S_t \frac{\partial U_t}{\partial S_t} - (r + r_c) U_t = 0 \end{cases}, \quad (4)$$

其中 r_c 代表信用利差。上述 PDE 满足如下边界条件:

第一,在到期日: $V_T = \text{Max}(S_T \cdot FV/X, B_T)$;

第二,进入转股期后: $V_t \geq S_t \cdot FV/X$; 如果 $V_t \leq S_t \cdot FV/X$, 则 $U_t = 0$;

第三,进入赎回期后: $V_t \leq \text{Max}(B_c, S_t \cdot FV/X)$;如果 $V_t \geq B_c$,则 $U_t = 0$,其中 B_c 代表赎回价;

第四,进入回售期后: $V_t \geq B_P$;如果 $V_t \leq B_P$,则 $U_t = B_P$ 。其中 B_P 代表回售价。

其中,第二个边界条件代表进入转股期以后转债价值应该大于转股价值;第三个边界条件代表当转债价值超过赎回价格 B_c 以后,COCB的价值变成0,转债价值变为赎回价格和转股价值之间的较大者;第四个边界条件代表转债价值的下界为回售价格。从中可以看出,只有当转债面临到期赎回和被回售时 COCB 的价值不为 0。有了 PDE 方程和边界条件后,就可以用数值方法求解可转债的价值。

TF 模型的不足之处是没有考虑转股价的下修条款对可转债价值的影响,从而会低估可转债的价值。另外,TF 模型也没有设定赎回条件,相当于设定了无条件赎回,这将进一步低估可转债的价值。

(三) LYW 模型

赖其男等(2005)根据中国转债市场的特殊制度对 TF 模型进行了调整,通过二叉树对可转债进行数值定价。他们对 TF 模型中偏微分方程的边界条件进行了如下修改:

首先是对赎回条款的调整,当转债进入赎回期后:

第一,如果 $V_t \geq \text{Max}(FV\pi, B_c)$,则 $V_t = FV\pi$,其中 π 是一个百分比,视转债赎回条件而异(一般为 130%), B_c 代表赎回价;

第二,如果 $B_c \leq V_t < FV\pi$,则 $V_t = \text{Max}(S_t \cdot FV/X, U_t)$;

第三,如果 $V_t < B_c$,则 $V_t = \text{Max}(S_t \cdot FV/X, U_t)$ 。

上述边界条件与 TF 模型的主要不同之处在于,对于二叉树中处于可转债赎回期的节点而言,如果节点满足 $V_t \geq \text{Max}(FV\pi, B_c)$,则这些节点上可转债价值的上限变为 $FV\pi$ 。

其次是对回售权和下修条款的调整。赖其男等(2005)认为回售权和下修权的综合影响等价于给转债价值增加一个下限。当转债进入回售期以后,如果 $B_P \geq \text{Max}(FV\nu, U_t)$,则 $V_t \geq \text{Max}(S_t \cdot FV/X, P_B)$,其中 ν 是一个百分比,视转债的回售条件而异(通常为 70%)。

该模型考虑了中国转债市场的特殊制度,部分考虑了下修权对可转债价值的影响。但该模型存在如下明显缺点:

第一,在面临回售压力时,大部分公司会通过下修转股价来避免投资者回售,因此在不同路径下,转股价可能是不同的。也就是说,在二叉树的同一个节点上,由于历史路径不同,其转股价就可能不同。但该模型并未解决这一难题,只是简单地令可转债价值不低于回售价,这种做法会大大低估可转债的价值。

第二,在满足赎回条件时,该模型简单地令可转债价值等于面值的 130%,这会低估可转债价值。中国可转债一般规定,如果股价连续 30 天超过转股价 30%,则上市公司有权赎回转股价。实际上,当股价连续 30 天超过转股价 30%时,此时的股价通常都会较大幅度超过转股价的 130%,而此时令可转债价值等于转股价的 130%显然会低估可转债的价值。

(四) LW 模型

LW 模型与 LYW 模型相似,主要的改进有两点:

第一,在赎回条款方面,他们统计发现公司宣布赎回转债前十五天的平均股价比相应的赎回条件高 7.9%,因此将赎回条件调整为原始条件 $\times 107.9\%$ 。这样可以较为准确地估计赎回条款对可转债价值的影响。

第二,根据现实中的回售触发情况,将回售条件调整为原始条件 $\times 86\%$ 。这样调整的原因与赎回权类似,可以较为准确地估计回售条款对可转债价值的影响。

但该模型仍然存在如下缺点:

第一,与 LYW 模型一样,将回售条款与转股价下修条款合并考虑。因此该模型并未准确考虑下修权对可转债价值的影响,仍然会低估可转债的价值。

第二,该模型也是采用二叉树定价法,难以处理路径依赖问题。该模型虽然对赎回条件和回售条件做了调整,但仍然跟原始条款存在较大出入,这样会产生定价误差。另外,该模型也无法解决不同节点转股价不同的问题,这同样会导致定价误差。

(五) ZL 模型

ZL 模型以郑振龙和林海(2004a)关于可转债发行公司与投资者的条款博弈为基础,基于公司在行使赎回权和转股价下修权时的最优决策规则,通过蒙特卡洛模拟对可转债定价。该模型的计算流程大致如下:

第一步:假设股票在风险中性世界下服从几何布朗运动,模拟股价路径;

第二步:自赎回期和回售期开始后,在每一个计息年度对路径进行跟踪,根据历史路径判断赎回和回售条款触发情况;

第三步:如果先触发赎回条款,此时公司为了以尽可能高的转股价将转债换成股票,应当立刻进行赎回,从而终结该路径,此时转债回报为 $\text{Max}(S_t \cdot FV/X, B_C)$;

第四步:如果先触发回售条款,此时公司应下修转股价,诱使投资者放弃回售,下修转股价的幅度应使得转债价值略高于回售价。为了计算合理的转股价,根据 BS 公式近似计算回售日的可转债理论价值,令可转债的 BS 理论价值等于回售价,从而反算出最优的转股价,以此确定之后路径中的转股价,继续判断该年度是否触发赎回条款。

第五步:在触发赎回条款之前,对所有计息年度重复步骤 3 和步骤 4 的判断。如果全程没有触发赎回条款,则将转债的到期回报贴现。

第六步:重复步骤 1—5,对所有路径的贴现回报取平均,确定转债价值。

ZL 模型的贡献体现在:

第一,运用蒙特卡洛模拟进行定价,可以有效解决路径依赖问题。

第二,基于公司在行使赎回权和转股价下修权时的最优决策规则,解决了已有定价模型难以准确评估转股价的下修权条款的问题,从而可以较准确地计算不同路径下可转债的转股价和回报。

ZL 模型的尚待改进的地方主要有:

第一,在面临赎回和调整转股价时,如果公司违背了最优决策的规则,如该赎回不赎回,不该下修转股价却下修,或者下修转股价的幅度过大等,都会提高可转债的价值。

第二,在全流通的背景下,公司的有些最优决策规则需要更新。

第三,在面临回售压力时,ZL 模型利用 BS 公式估计合理的转股价格下修幅度,存在模型依赖问题。BS 公式会高估可转债的价值,因此用 BS 公式来计算转股价的最低下修幅度,会存在下修幅度不足问题,从而低估了可转债价值。

第四,统一使用无风险利率作为贴现率,有可能高估可转债价值。考虑到本文的目的是对现有模型进行比较,而不是提出新模型,故此处遵照原模型用无风险利率作为贴现率。从事实来看,过去 20 多年历史中,中国可转债极少出现违约现象,因此用无风险利率贴现对可转债估值影响不大。

需要说明的是,虽然可转债的转股权属于美式期权,但由于中国可转债存在红利保护机制,所以理论上可转债不应被提前转股。上述五种定价模型都是基于理性行为进行定价,因此都把可转债所含转股权当作欧式期权来定价,也就是说投资者不会主动提前转股^①。

从以上比较可以看出,在上述五种可转债定价模型中,ZL 模型所用假设最少,充分考虑了可转债的条款细节,所用蒙特卡洛模拟方法也比较适用于路径依赖期权,因此其定价结果应较为准确。

三、数据与定价结果

(一) 数据来源

本文所选样本为 2000 年 7 月至 2022 年 6 月所有沪深转债,我们对每个月最后一个交易日的转债进行定价,在剔除了可交换债等品种,并剔除转债和正股停牌等异常数据后,总共包括 696 支转债的 14 980 个样本。本文所用的转债条款数据全部来自 Wind 数据库,转债与正股的历史行情和财务指标等数据来自 CSMAR 数据库。自从 2017 年 2 月证监会发布《发行监管问答——关于引导规范上市公司融资行为的监管要求》后,可转债数量开始迅速增长,截至 2022 年 6 月底,可转债存量个数已超过 400 支。

(二) 定价参数

可转债定价的核心参数为转债条款与市场参数。转债条款包括转债赎回、回售、下修、转股条款的对应规则、起始时间、截止时间等,此外还包括转债票息、剩余期限等信息。^②

市场参数主要包括贴现率和波动率。贴现率等于无风险利率加信用利差。本文首先将每一天的国债即期利率曲线按照转债剩余期限进行插值作为无风险利率。其次,本文根据郑振龙和林海(2003)的方法确定信用利差,将 1 个月、1 年、3 年和 5 年的信用风险溢

^① 具体的证明可以参见 Ingersoll(1977)、郑振龙和林海(2004b)、闻岳春和邱小平(2009)等文献。

^② 限于篇幅,此处不汇报转债定价参数的描述性统计结果,详见附录 I,感兴趣的读者可在《经济学》(季刊)官网(<https://ceq.ccer.pku.edu.cn>)下载。

酬分别设为 0.65%、0.72%、0.90% 和 0.98%，然后根据转债的剩余期限插值确定信用利差。在波动率方面，本文用转债对应正股过去 250 个交易日的历史波动率作为波动率参数。^① 在实施定价时，除了 BS 模型外，其他模型都用数值模型对转债定价，其中 TF 模型、LYW 模型和 LW 模型用二叉树方法，设定二叉树步数为 200 步，ZL 模型采用蒙特卡洛模拟法，设定每条路径长度等于转债实际剩余天数，步长为 1 个交易日，模拟次数为 10 000 次。

(三) 各种模型的定价结果及其市场定价错误

1. 可转债平均市场价格、理论价值与市场定价错误

表 1 对不同模型的定价结果(简称理论价值)进行描述性统计。从表 1 可知，五个模型中理论价值均值与中位数最高的是 BS 模型，最低的是 TF 模型。这与第二部分模型分析的结果一致。由于 BS 模型不考虑转债的赎回权，因此其模型定价结果通常高于其他模型。TF 模型没有考虑转股价的下修条款对可转债价值的影响，也没有设定赎回条件，因而会大大低估可转债的价值。

表 1 模型定价结果描述性统计

	BS 模型	TF 模型	LW 模型	LYW 模型	ZL 模型
样本数	14 980	14 980	14 980	14 980	14 980
均值	140.49	114.18	124.84	116.73	123.90
标准差	54.69	52.89	50.96	12.70	51.21
最小值	95.33	88.73	91.54	92.17	87.65
中位数	130.34	100.72	116.43	114.84	115.37
最大值	2 088.56	2 068.73	2 068.73	349.19	2 072.98

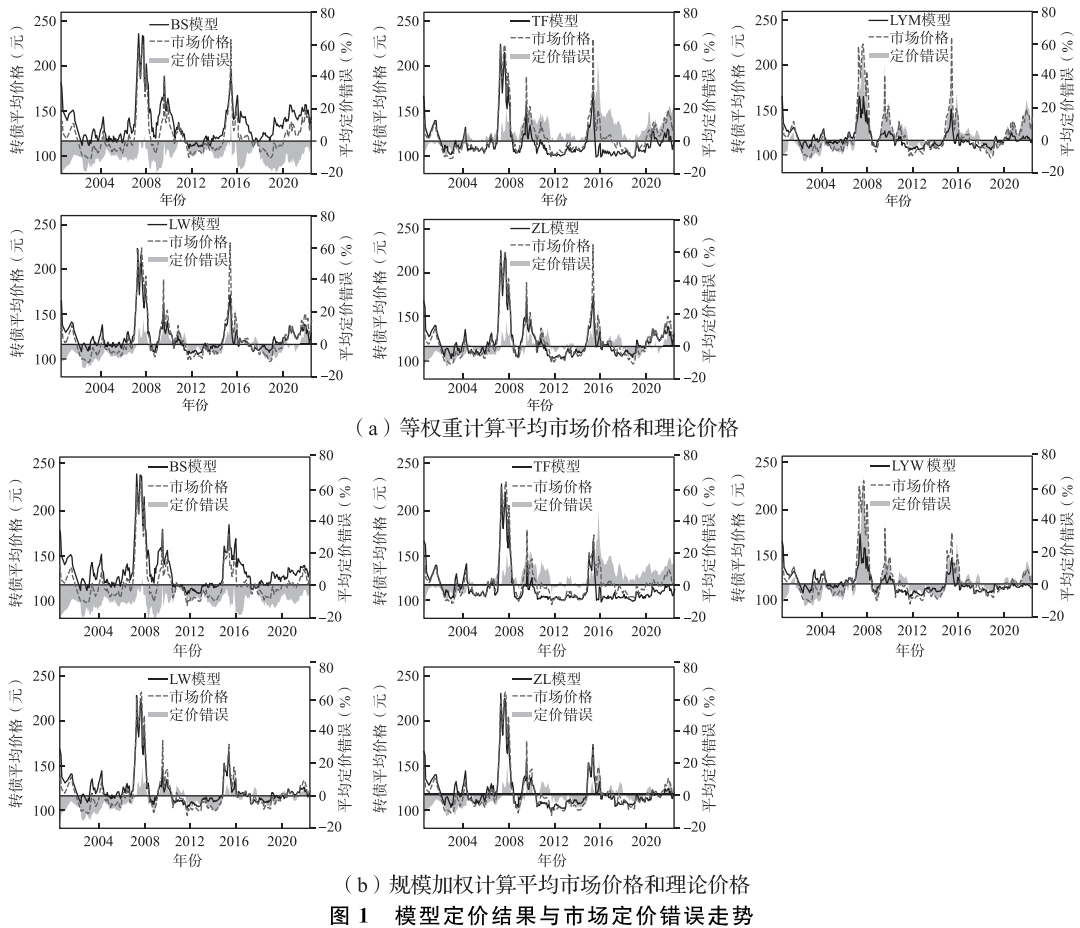
图 1 展示了按各种模型计算的理论价值、市场价格与市场定价错误的走势。虚线代表全部转债市场价格的算术平均，实线代表不同定价模型计算的全部转债理论价值的算术平均，阴影代表某一时点上全部转债市场定价错误的算术平均，其中转债 i 在 t 时刻的市场定价错误 ($Mispricing_{i,t}$) 计算规则为：

$$Mispricing_{i,t} = \frac{Mkt_{i,t} - Model_{i,t}}{Model_{i,t}}, \quad (5)$$

其中， $Mkt_{i,t}$ 表示转债 i 在 t 时刻的市场价格， $Model_{i,t}$ 表示转债 i 在 t 时刻的模型理论价值。

从图 1(a)和图 1(b)可知，在 2006 年前中国可转债市场价格被严重低估，所有模型计算的可转债理论价值都高于可转债的市场价格，这与多数文献的结论相符(郑振龙和林海，2004a；唐国正，2005；刘娥平和韦科帆，2006；张峥等，2006)。在 2006 年之后，可转债市场的定价错误呈现均值回复特征。

^① 郑振龙和林海(2004b)、赖其男等(2005)、刘娥平和韦科帆(2006)发现可转债发行会导致正股波动率下降，所以将正股波动率减去一定比例。而本文发现近年来转债发行前后正股波动率没有明显变化规律，为保证不同模型具有可比性，故不对波动率进行调整。



2. 各模型定价结果与在值程度的关系

由于各种定价模型对可转债条款分析的细致程度有很大差别,因此对于不同在值程度的可转债而言,各模型定价结果的差异程度应该有所不同。为了更好地分析各种模型的定价结果如何随在值程度变化,我们绘制了不同定价模型计算的理论价格和市场价格随在值程度的变化情况,如图 2 所示。可转债在值程度的定义为:在值程度 $=\ln(\text{正股价格} / \text{转股价格})$ 。

从图 2 可以看出如下特征:

第一,转债理论价格和市场价格都和在值程度几乎正相关,这符合期权定价原理。

第二,无论在值程度如何,BS 模型定价结果都是最高的。这说明,虽然 BS 模型没有考虑转股价下修权而低估了可转债价值,但它也因忽略赎回权而高估了可转债的价值,两种效应相抵,BS 模型还是净高估了可转债的价值,说明赎回权对可转债价值的影响大于转股价下修权。对于在值程度越高的可转债,上述效应越明显。

第三,无论在值程度如何,TF 模型定价结果几乎都是最低的。这是因为 TF 模型忽略了转股价的下修权,从而低估了可转债价值。而对于在值程度较大的可转债而言,TF 模型的低估程度快速下降。这说明,转股价下修条款对于在值程度低的可转债而言具有较

大的价值。

第四,由于LYW模型对转债价值施加了上限,因此随着在值程度的上升,LYW模型的定价结果变化逐渐变小。

第五,LW模型和ZL模型由于都考虑了赎回权、回售权和下修权的影响,只是细节不同,所以这两个模型对于不同在值程度的可转债来说,定价结果差异相对较小。

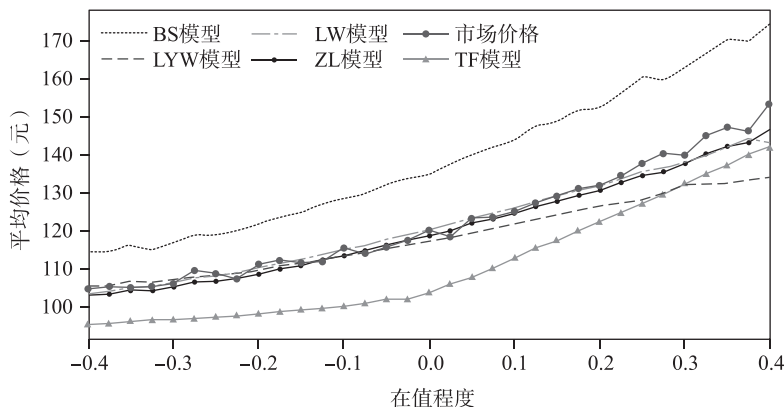


图2 各模型定价结果与在值程度的关系

3. 各模型定价结果与剩余期限的关系

由于可转换债的到期回报是由其发行条款规定的,因此可转债价值在到期时是明确的,市场套利力量会促使可转债市场定价错误随着可转债到期而消失。而在临近到期时,正股价格的不确定性逐步降低,可转债的复杂度也会逐步降低,可转债的最终回报逐渐清晰,市场定价错误也将随之降低。

由于可转债在到期时其市场定价错误会趋于消失,这时正确的模型定价结果应该趋近于市场价。因此我们可以用到期时各种模型定价结果是否趋近于市场价格作为衡量各种定价模型准确性的标准之一。

为了更好地分析各种模型的定价结果如何随剩余变化,我们绘制了不同定价模型计算的理论价格和市场价格随剩余期限的变化情况,如图3所示。

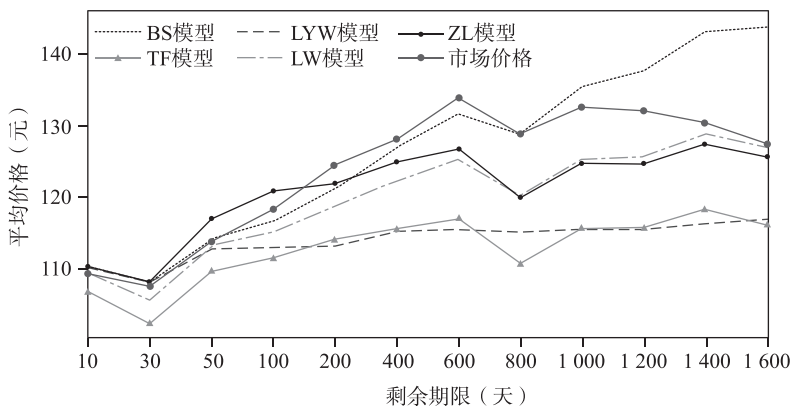


图3 各模型定价结果与剩余期限的关系

从图 3 可以看出,随着剩余期限逐渐缩短,BS 模型、LW 模型、ZL 模型、LYW 模型的定价结果在临近到期时的确与市场价格逐渐收敛,而 TF 模型的定价结果在到期时明显低于市场价格,这主要是该模型没有考虑转股价下修权造成的。

四、实证方法和结果

根据上文分析可知,可转债的市场定价错误会随剩余期限的缩短而收敛。如果可转债定价模型足够准确,那么只要做空被高估的可转债,做多被低估的可转债,理论上能够获得超额收益。基于此,我们利用可转债的横截面定价错误构建可转债投资组合,从而检验定价模型的精确性。

(一) 策略构建与检验结果

我们在每个月的最后一天对所有可转债按照定价错误从低到高排序,为了避免极端值的影响,我们剔除可转债数量小于 10 的月份,并在构建可转债组合时,剔除转债溢价率最高和最低的 5% 可转债。^① 之后我们将剩余可转债平均分成五个组合,按照等权重^②做多低估组合并做空高估组合,不断地按月滚动调仓。最后统计各组合相对于无风险利率的超额收益,并估计多空组合相对于转债市场的超额收益(记为 $MKT-\alpha$)^③,检验结果如表 2 所示。

首先,表 2 的 Panel A 比较了全样本下各种可转债定价模型捕捉市场定价错误的的能力。总体而言,这五种定价模型都具有捕捉市场定价错误的的能力,根据这五个模型构建的多空组合都能获得经济上较为显著的超额收益率和 $MKT-\alpha$,其中根据 ZL 模型构建的多空组合获得的超额收益率和 $MKT-\alpha$ 是最高的,统计上的显著性水平也是最高的。按低估到高估程度排序,根据 ZL 模型构建的五个组合的超额收益率与低估程度呈现完美的规律性特征,并且在根据五种模型构建组合中,ZL 模型的多头组合收益最高,空头组合收益最低。这些事实说明了在这五种模型中,ZL 模型的定价精确度是最高的。

表 2 各组合的月度超额收益率

单位:%

Panel A: 全样本							
	低估组	1	2	3	高估组	低-高	$MKT-\alpha$
BS 模型	1.74*** (3.45)	1.28** (2.24)	0.79* (1.71)	0.87* (1.78)	0.80 (1.49)	0.94*** (3.16)	0.76*** (2.61)
TF 模型	1.46*** (2.96)	1.41** (2.41)	0.91** (2.31)	0.86* (1.77)	0.77 (1.54)	0.69** (2.15)	0.66* (1.89)
LYW 模型	1.36*** (2.89)	1.10** (2.51)	1.09*** (2.81)	0.94* (1.80)	0.83 (1.31)	0.54* (1.78)	0.79*** (3.05)

① 我们将在第五部分稳健性检验中详细阐述这一问题。

② 我们还按发行规模加权计算组合收益,由此得到的实证结论稳健,受限于篇幅,此处未汇报结果,详见附录 II。

③ 可转债市场超额收益率的计算方法为所有转债月度收益的算术平均减去当月无风险利率, $MKT-\alpha$ 代表转债多空组合收益对可转债市场超额收益回归得到的截距项。

(续表)

	低估组	1	2	3	高估组	低-高	MKT- α
LW 模型	1.61*** (3.62)	1.20** (2.19)	0.92** (2.44)	0.86* (1.85)	0.73 (1.20)	0.88*** (2.71)	0.98*** (3.46)
ZL 模型	1.87*** (3.63)	1.30** (2.42)	1.04* (1.92)	0.69* (1.68)	0.58 (1.11)	1.28*** (4.62)	1.28*** (4.50)
Panel B:2018年前							
	低估组	1	2	3	高估组	低-高	MKT- α
BS 模型	1.68*** (2.67)	1.18 (1.60)	0.75 (1.25)	1.00 (1.56)	0.98 (1.39)	0.70** (2.03)	0.54 (1.55)
TF 模型	1.32** (2.11)	1.55** (2.03)	0.80 (1.60)	0.86 (1.35)	0.97 (1.51)	0.35 (0.93)	0.32 (0.77)
LYW 模型	1.32** (2.19)	1.04* (1.83)	1.11** (2.25)	1.05 (1.54)	0.88 (1.07)	0.45 (1.20)	0.69** (2.23)
LW 模型	1.56*** (2.79)	1.20* (1.66)	0.82* (1.74)	0.90 (1.49)	0.93 (1.18)	0.63 (1.57)	0.73** (2.15)
ZL 模型	1.88*** (2.86)	1.27* (1.81)	1.09 (1.53)	0.62 (1.19)	0.77 (1.12)	1.12*** (3.45)	1.13*** (3.25)
Panel C:2018年后							
	低估组	1	2	3	高估组	低-高	MKT- α
BS 模型	1.89** (2.51)	1.51** (2.16)	0.89* (1.69)	0.44 (0.98)	0.21 (0.48)	1.68*** (3.13)	1.32*** (3.19)
TF 模型	1.84** (2.68)	0.98 (1.63)	1.18** (2.23)	0.86 (1.62)	0.11 (0.18)	1.73*** (3.04)	1.54*** (2.73)
LYW 模型	1.47** (2.45)	1.21** (2.40)	1.03** (1.95)	0.60 (1.11)	0.60 (0.82)	0.88* (1.80)	1.17** (2.33)
LW 模型	1.74** (2.59)	1.20** (2.30)	1.18** (2.12)	0.70 (1.46)	0.09 (0.14)	1.65*** (3.44)	1.63*** (3.37)
ZL 模型	1.80** (2.67)	1.38** (2.27)	0.91* (1.79)	0.81 (1.47)	0.01 (0.01)	1.79*** (3.39)	1.79*** (3.46)

注:括号中的数值是根据 Newey and West(1987)方法调整后的 t 值,滞后阶数为 3 阶;***、**、* 分别代表 1%、5% 和 10% 水平下显著,下同。

其次,本节以 2018 年 1 月为分界线进行分样本检验。本文选择 2018 年 1 月为分界线的原因有二:第一,2018 年后可转债市场迅速扩容,可转债市场的成交量、投资者结构、投资者行为较以往都有较大变化;第二,2018—2022 年间可转债市场以牛市为主,由此可以检验前文的策略在不同市场行情下的效果。分样本检验的结果如表 2 的 Panel B 和 Panel C 所示。可以看出,在 2018 年 1 月前后两个分样本中,ZL 模型捕捉市场错误的

能力整体都是最强的,根据该模型建立的多空组合都能获得经济上和统计上都显著的超额收益率和 $MKT-\alpha$ 。

(二) 多空组合的 alpha

为了进一步比较上述五个可转债定价模型的定价准确度和捕捉市场错误的的能力,我们需要进一步辨析前文的多空组合超额收益率是真正捕捉到市场定价错误还是来自系统性风险溢酬等因素。

我们参照 Lin et al.(2011)、Zhan et al.(2022)等文献的做法,用常见的股票多因子模型来控制上述模型多空组合的超额收益率,得到的截距项称为 α ,它能更准确地度量各种可转债定价模型捕捉市场定价错误的的能力。^① 本文使用的多因子模型包括 Fama-French 五因子模型(Fama and French, 2015)、Carhart 四因子模型(Carhart, 1997)、HXZ 四因子模型(Hou et al., 2015)、DHS 三因子模型(Daniel et al., 2020)和 SY 四因子模型(Stambaugh and Yuan, 2017)。^② 全样本回归结果如表 3 的 Panel A 所示。

从 Panel A 可知,所有多空组合的 alpha 基本都在 5%水平下显著,而且这些 alpha 相比于多空组合原始超额收益率下降幅度并不大,说明上述五个可转债定价模型都具有较强的捕捉市场定价错误的的能力。其中,ZL 模型的表现更为出色,其超额收益率 alpha 都是最高的,至少在年化 13.08%之上,而且其 t 值也是最高的,大多超过了 3.5。

我们进一步分析不同样本中的多空组合 alpha,结果如表 3 的 Panel B 和 Panel C 所示。从 Panel B 可知,在 2018 年 1 月之前的样本中,各策略 alpha 的 t 值都有明显下降。BS 模型、TF 模型和 LW 模型基本都无法获取统计上显著的 alpha,而 ZL 模型和 LYW 模型的 alpha 大多在 10%或者 5%水平下显著,说明这两个模型能较好捕捉到可转债市场的横截面定价错误。整体而言,ZL 模型的 alpha 在统计和经济上都更为显著,ZL 模型在捕捉定价可转债横截面定价错误方面的能力胜过 LYW 模型。

从 Panel C 可知,在 2018 年 1 月以后的样本中,上述五个可转债定价模型的 alpha 几乎都在 5%水平下显著,说明这些定价模型都具有捕捉可转债市场横截面定价错误的的能力。其中,ZL 模型的整体表现还是最好的,其获得的 alpha 都在 1%的水平下显著,年化超额收益率都在 17.64%和 24.24%之间。

表 3 各多空组合的月度 alpha

单位:%

Panel A: 全样本					
	Carhart4- α	FF5- α	HXZ4- α	SY4- α	DHS3- α
BS 模型	0.68**	0.85***	0.68**	0.72**	0.81**
	(2.05)	(2.69)	(2.09)	(2.07)	(2.42)

^① 由于可转债包含美式期权,其折现后的价值服从一个半鞅过程,严格来说此处因子模型的使用是一种近似。此处感谢匿名审稿人的建议。

^② Fama-French 五因子模型和 Carhart 四因子模型的数据来源于 CSMAR 数据库,其他多因子模型的数据来源于 BetaPlus(<https://www.factorwar.com/data/factor-models/>,访问时间:2022年8月6日)。

(续表)

	Carhart4- α	FF5- α	HXZ4- α	SY4- α	DHS3- α
TF 模型	0.42 (1.07)	0.53 (1.38)	0.55 (1.46)	0.63* (1.75)	0.61* (1.70)
LYW 模型	0.99*** (3.58)	0.88*** (2.70)	0.94*** (2.79)	0.77*** (2.70)	0.63** (2.00)
LW 模型	0.92*** (2.77)	0.77** (2.15)	0.85** (2.21)	0.89*** (2.89)	0.78** (2.32)
ZL 模型	1.10*** (3.29)	1.22*** (4.05)	1.23*** (3.75)	1.09*** (3.67)	1.19*** (3.83)
Panel B: 2018 年前					
	Carhart4- α	FF5- α	HXZ4- α	SY4- α	DHS3- α
BS 模型	0.27 (0.65)	0.61 (1.63)	0.24 (0.63)	0.31 (0.72)	0.43 (1.12)
TF 模型	-0.15 (-0.31)	-0.01 (-0.02)	0.10 (0.20)	0.11 (0.24)	0.18 (0.42)
LYW 模型	0.99*** (3.13)	0.97*** (2.65)	0.77* (1.94)	0.83** (2.51)	0.58 (1.54)
LW 模型	0.61 (1.56)	0.51 (1.24)	0.39 (0.87)	0.69* (1.86)	0.47 (1.21)
ZL 模型	0.72* (1.81)	0.95*** (2.75)	0.83** (2.17)	0.78** (2.26)	0.97*** (2.74)
Panel C: 2018 年后					
	Carhart4- α	FF5- α	HXZ4- α	SY4- α	DHS3- α
BS 模型	1.54*** (3.36)	1.62*** (3.19)	1.58*** (3.37)	1.61*** (3.38)	1.87*** (3.59)
TF 模型	1.39*** (2.83)	1.56** (2.55)	1.52*** (2.74)	1.60*** (2.85)	1.79*** (3.22)
LYW 模型	1.42*** (2.72)	1.27*** (2.72)	1.35** (2.28)	0.74 (1.39)	0.84 (1.48)
LW 模型	1.92*** (3.65)	1.84*** (4.26)	1.88*** (3.35)	1.47*** (2.80)	1.68*** (3.07)
ZL 模型	2.02*** (3.37)	2.02*** (3.62)	2.00*** (3.20)	1.67*** (2.95)	1.82*** (3.12)

五、稳健性检验^①

（一）利用已结束转债构建多空组合

为了利用可转债定价错误获得收益,我们需要将多空组合持有到期。但样本期中多数转债仍有较长的剩余期限,即便其存在明显的定价错误,我们也未必能立刻获利。因此正文中,我们在构建可转债组合时剔除了转债溢价率过高或过低的样本。在本节中,我们把样本限定于所有已结束的可转债。从理论上说,相比于全样本的检验结果,使用已结束转债样本的研究结果应该能更准确地评估各种定价模型的精准度。检验结果表明,用各种模型构建的可转债多空组合的月度超额收益率和月度 alpha 相比于自身在全样本下的结果都是变高的,从而验证了我们的猜想。说明上述五种可转债定价模型都具有捕捉可转债市场横截面定价错误的 ability。

（二）模型两两比较：基于 Fama-MacBech 回归

从前文可以看出,ZL 模型在五个模型中表现最为突出。我们接下来拟通过如下 Fama-MacBeth 双变量回归,来检验 ZL 模型相对其他模型的表现:

$$CB_Ret_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 ZL_{i,t-1} + \alpha_2 Control_{i,t-1} + \epsilon_{i,t}, \quad (6)$$

其中, $ZL_{i,t-1}$ 代表由 ZL 模型计算的转债 i 在 $t-1$ 月末的定价错误, $Control_{i,t-1}$ 代表由其他模型计算的转债 i 在 $t-1$ 月末的定价错误。结果表明,在加入 ZL 模型计算的定价错误后,其他模型计算的定价错误的回归系数都不再显著,说明这些模型都无法在 ZL 模型的基础上提供增量信息。因此,在本文选用的五个可转债定价模型中,ZL 模型的定价精度是最高的。

（三）其他检验

我们还展开了一系列稳健性检验:第一,将转债分别按照正股市值、账面市值比、市盈率以及转债的转股溢价率等指标排序分组并构建多空组合,用这些多空组合的收益来解释五种定价模型策略的超额收益。结果表明,五种策略依旧具有显著为正的 alpha。第二,将转债按剩余期限长短等分为两组并分别构建多空组合。结果表明长期限转债多空组合超额收益和 alpha 更高,说明长期实施多空组合策略能更好地捕捉市场定价错误从而获得更高的超额收益。第三,用 BS 公式计算所有转债每天的理论价值,然后根据转债过去一个月理论价格均值与该转债当月价格均值的偏差构建多空组合。结果表明由此得到的实证结论变化不大,说明本文构建组合的方法稳健。第四,为检验新冠疫情对结论的影响,基于 2020 年以后的样本构建组合。结果表明五种策略的多空组合收益有所提升,但策略排名变化不大。第五,按照转债 delta 和在值程度剔除极端样本,结论依然稳健。

^① 限于篇幅,所有稳健性检验结果见附录 III。

六、政策建议与研究展望

通过本文的实证结论可以看出,中国可转债市场的定价效率仍有待提升。从时间序列看,中国可转债市场早年持续处于被严重低估的状态,近年来的平均定价错误则呈现均值回归的现象。从横截面来看,在任何时点,不同可转债的定价错误都存在很大差异。为了提高可转债市场的定价效率,本文提出如下几点政策建议。第一,在可转债市场引进做空机制,可以利用市场机制抑制可转债的炒作和投机,从而缓解部分可转债被严重高估的问题。第二,完善可转债投资的风控制度。目前大多数机构的可转债风控机制都存在不合理之处,主要表现在两方面:一方面,基于绝大多数可转债最终都转成股票这一事实,很多机构把股票投资的风控制度平移到可转债,把基本面一般的可转债排除在可投资范围之外。实际上,这种做法是错误的。因为基本面不好的公司,其波动率通常较大。波动率大对股票来说是坏事,对期权来说却是好事。不仅如此,基本面不好的上市公司更有动力下修转股价以便促成转股,从而提高可转债的价值。另一方面,有些机构把可转债当作债券,并把低信用级别的可转债排除在外,这同样是一种错误。实际上,绝大部分可转债的债券部分价值占可转债总价值的比例都较低,把可转债当作债券进行风控,必然会很不准确。而把低信用级别的可转债排除在投资范围之外,同样是没有考虑到这些公司更有动力下修转股价这一事实。

展望未来研究,从定价模型的理论分析可知,虽然 ZL 模型在五种定价模型中表现最佳,但还存在进一步改进的空间。第一,由于本文的实证样本只到 2022 年 6 月为止,当时转债爆雷和违约的情况相对少,故本文参照原模型做法用无风险利率作为贴现率。若未来转债违约事件常态化,需选择合适的方法(例如 Tsiveriotis and Fernandes, 1998 等)刻画转债信用风险。第二,ZL 模型与绝大多数模型都假设可转债相关主体会采取理性行为模式,但现实中相关主体实际行为往往与理性行为差异较大,例如发行公司在可转债满足赎回条件时延迟赎回转债,或者在没有面临回售压力时下修转股价等。这些行为都会导致可转债市场价格偏离现有模型计算的理论价值。分析可转债相关主体的实际行为模式及其影响因素,并基于这种行为模式改进定价模型是进一步研究的方向。

参考文献

- [1] Ammann, M., A. Kind, and C. Wilde, "Are Convertible Bonds Underpriced? An Analysis of the French Market", *Journal of Banking and Finance*, 2003, 27(4), 635-653.
- [2] Ayache, E., P. A. Forsyth, and K. R. Vetzal, "Valuation of Convertible Bonds with Credit Risk", *The Journal of Derivatives*, 2003, 11(1), 9-29.
- [3] Batten, J., K. L.-H. Khaw, and M. R. Young, "Pricing Convertible Bonds", *Journal of Banking and Finance*, 2018, 92, 216-236.
- [4] Black, F., and M. Scholes, "The Pricing of Options and Corporate Liabilities", *Journal of Political Economy*, 1973, 81(3), 637-654.
- [5] Brennan, M., and E. S. Schwartz, "Convertible Bonds: Valuation and Optimal Strategies for Call and Conver-

- sion”, *Journal of Finance*, 1977, 32(5), 1699-1715.
- [6] Carhart, M. M., “On Persistence in Mutual Fund Performance”, *The Journal of Finance*, 1997, 52(1), 57-82.
- [7] Daniel, K., D. Hirshleifer, and L. Sun, “Short- and Long-Horizon Behavioral Factors”, *The Review of Financial Studies*, 2020, 33(4), 1673-1736.
- [8] Fama, E. F., and K. R. French, “A Five-Factor Asset Pricing Model”, *Journal of Financial Economics*, 2015, 116(1), 1-22.
- [9] Fama, E. F., and J. D. MacBeth, “Risk, Return, and Equilibrium: Empirical Tests”, *Journal of Political Economy*, 1973, 81(3), 607-636.
- [10] Hou, K., C. Xue, and L. Zhang, “Digesting Anomalies: An Investment Approach”, *The Review of Financial Studies*, 2015, 28(3), 650-705.
- [11] Ingersoll, J. E., “A Contingent-Claims Valuation of Convertible Securities”, *Journal of Financial Economics*, 1977, 4(3), 289-321.
- [12] Kimura, T., and T. Shinohara, “Monte Carlo Analysis of Convertible Bonds with Reset Clauses”, *European Journal of Operational Research*, 2006, 168(2), 301-310.
- [13] 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 年第 9 期, 第 105—121 页。
- [14] 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 年第 12 期, 第 26—31 页。
- [15] Lin, H., J. Wang, and C. Wu, “Liquidity Risk and Expected Corporate Bond Returns”, *Journal of Financial Economics*, 2011, 99(3), 628-650.
- [16] 刘娥平、韦科帆, “可转换债券价值低估的影响因素研究”, 《金融研究》, 2006 年第 9 期, 第 118—128 页。
- [17] 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 年第 8 期, 第 69—73 页。
- [18] 马长福、许威、袁先智, “基于双因子柳树的中国可转债定价研究”, 《系统工程理论与实践》, 2019 年第 12 期, 第 3011—3023 页。
- [19] McConnell, J. J., and E. S. Schwartz, “Lyon Taming”, *Journal of Finance*, 1986, 41(3), 561-576.
- [20] Newey, W. K., and K. D. West, “A Simple, Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix”, *Econometrica*, 1987, 55(3), 703-708.
- [21] Stambaugh, R. F. and Y. Yuan, “Mispricing Factors”, *The Review of Financial Studies*, 2017, 30(4), 1270-1315.
- [22] 唐国正, “投资群体差异与我国可转债价值低估——基于云化转债的案例分析”, 《管理世界》, 2005 年第 8 期, 第 121—133 页。
- [23] Thomas, S. Y. H., and D. M. Pfeffer, “Convertible Bonds: Model, Value Attribution, and Analytics”, *Financial Analysts Journal*, 1996, 52(5), 35-44.
- [24] Tsiveriotis, K., and C. Fernandes, “Valuing Convertible Bonds with Credit Risk”, *The Journal of Fixed Income*, 1998, 8(2), 95-102.
- [25] Wang, J.-Y. and T.-S. Dai, “A Modified Reduced-Form Model with Time-Varying Default and Recovery Rates and Its Applications in Pricing Convertible Bonds”, *The Journal of Derivatives*, 2017, 24(4), 52-79.
- [26] 王茵田、文志瑛, “向下修正条款对中国可转债定价的影响”, 《清华大学学报(自然科学版)》, 2018 年第 1 期, 第 108—112 页。
- [27] 闻岳春、邱小平, “我国可转债定价模型探讨”, 《商业经济与管理》, 2009 年第 8 期, 第 63—70+77 页。
- [28] Zhan, X., B. Han, J. Cao, et al., “Option Return Predictability”, *The Review of Financial Studies*, 2022, 35(3), 1394-1442.
- [29] 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 年第 11 期, 第 1—16 页。
- [30] 郑振龙、康朝锋, “中国可转债市场效率的随机占优检验”, 《当代财经》, 2004 年第 3 期, 第 44—46 页。
- [31] 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 年第 1 期,

第110—117页。

[32] 郑振龙、林海,“中国违约风险溢价研究”,《证券市场导报》,2003年第6期,第41—44页。

[33] 郑振龙、林海,“中国可转换债券定价研究”,《厦门大学学报(哲学社会科学版)》,2004a年第2期,第93—99页。

[34] 郑振龙、林海,“可转换债券发行公司的最优决策”,《财经问题研究》,2004b年第11期,第35—39页。

[35] 周铭山、董志勇、方旭赞、黄伟,“我国可转债定价效率可以提高吗?——基于套利交易成本的视角”,《经济学》(季刊),2013年第4期,第1277—1298页。

A Comparison of Chinese Convertible Bond Pricing Models

ZHENG Zhenlong ZHU Tiansheng CHEN Rong*

(Xiamen University)

Abstract: In this paper we compare the accuracy of various convertible bond pricing models. We calculate theoretical values of convertible bonds using five common models and construct cross-sectional long-short portfolios based on the deviations between market prices and theoretical values. The accuracy of each model is assessed through the excess returns and alpha of these portfolios. We find that the average price of Chinese convertible bonds was significantly undervalued in earlier years, with recent average mispricing showing cyclical pattern. Models with fewer assumptions and more comprehensive consideration of bond terms better capture market mispricing, leading to higher long-short portfolio excess returns and alpha.

Keywords: convertible bond; pricing model; return predictability

JEL Classification: G12, G13, G14

* Corresponding Author: CHEN Rong, School of Management, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361005, China; Tel: 86-13860126618; E-mail: aronge@xmu.edu.cn.