

固收深度报告 20200902

可转债专题：蒙特卡洛方法用于可转债定价

2020 年 09 月 02 日

摘要

■ **可转债市场正处于爆发期：**我国可转债市场经历了三个阶段：第一阶段为萌芽期（1993 年-2000 年），第二阶段为发展期（2001 年-2016 年），第三阶段为爆发期（2017 年至今）。由于 2017 年出台的政策限制了股权再融资的审核、并放宽了可转债投资的要求，可转债市场现在正处于爆发期。2017 年-2019 年间，市场分别发行了 53、92、160 只转债，总发行规模分别为 949.4、794.2、2758.4 亿元。2020 年 1 月-8 月间，总计发行了 137 只转债，发行规模达 1441.6 亿元。随着转债市场的迅猛发展，如何选择有价值的标的成为了所有可转债投资者关心的问题。因此，本文根据可转债本身作为衍生品的性质，使用蒙特卡洛模拟的方法进行数值求解，对目前市场上的可转债进行定价。

■ **根据转债市场历史情况，做出模型假设：**我们针对我国可转债市场的情况，提出了 7 点模型假设：（1）为了简化起见，将股票视为可转债期权的标的资产。（2）根据 BS 公式和前人文献，假设正股股价服从几何布朗运动，并借此进行模拟。（3）为了简化起见，将转股条款作为欧式期权处理，假设投资者除非发生赎回或可转债到期的事件外，不会提前转股。（4）忽略利率风险，使用国债到期收益率作为无风险利率。（5）考虑债券违约风险，使用同等级企业债收益率对债券面值和利息进行折现。（6）考虑赎回的不确定性，设置赎回概率 p ，假设触发条件后有 75% 的概率发生赎回。（7）考虑回售和下修的不确定性，设置下修概率 q ，假设只有发生回售才能发生下修，并假设触发条件时有 20% 的概率回售，50% 的概率下修，30% 的概率不下修且不回售。

■ **使用蒙特卡洛方法，进行数值模拟：**根据模型假设，我们使用 Python，通过蒙特卡洛方法，对市场上处于交易状态的 303 只可转债进行了数值模拟定价。首先，根据股票几何布朗运动公式，对每只可转债对应的正股进行 1000 次股价路径的模拟，直到可转债的到期日。再通过判断每日可转债的状态，决定可转债是否触发了赎回、回售、下修等条款条件，并考虑了赎回、回售、下修的不确定性，进而测算出每条路径的可转债价值，最后加总平均，计算出每只可转债当前所对应的模型理论价格。

■ **结果分析：**我们比较了模型理论价格和市场价格，并计算出价差比模型价格的百分比。发现模型对偏离度较大的股票预测效果较好。价差百分比前 10% 的可转债一周内的平均涨跌幅为 1.13%，后 10% 的可转债一周内的平均涨跌幅为 -2.59%，所有可转债一周内的平均涨跌幅为 -1.61%。前 10% 与后 10% 的多空收益为 3.72%，超过中证转债指数（000832.CSI）一周内的涨跌幅（-0.11%）。此外，模型预测前 10% 的可转债的胜率为 80%，后 10% 的可转债胜率为 70%。

■ **风险提示：**结论基于历史数据和统计模型的测算，未来市场可能发生无法预期的重大变化，不排除模型失效的可能性。

证券分析师 李勇

执业证号：S0600519040001

010-66573671

liyong@dwzq.com.cn

相关研究

1、《可转债投资价值分析 20200825：青农转债：深耕小微金融业务，盈利能力居行业前列》2020-08-25

2、《可转债投资价值分析 20200812：赣锋转 2：锂产业龙头企业，静待新周期上行》2020-08-12

3、《可转债投资价值分析 20200731：佳丽转债：机房环控龙头，IDC 前瞻布局未来可期》2020-07-31

内容目录

1. 中国可转债市场的发展历史	4
2. 可转债定价模型概述	6
2.1. 可转债的特点	6
2.2. 可转债模型的假设	7
2.2.1. 将股票视为期权的标的资产	7
2.2.2. 正股股价服从几何布朗运动	8
2.2.3. 将转股条款作为欧式期权处理	8
2.2.4. 使用国债到期收益率作为无风险利率	8
2.2.5. 使用同等级企业债收益率对债券部分进行折现	9
2.2.6. 考虑赎回的不确定性	9
2.2.7. 考虑回售和下修的不确定性	11
3. 蒙特卡洛模拟求解	14
3.1. 蒙特卡洛模拟股价路径	14
3.2. 每日对可转债状态进行判断	15
4. 模型结果	16
4.1. 模型的收敛情况	16
4.2. 模型结果分析	16
5. 总结	19
6. 风险提示	20

图表目录

图 1: 历史上可转债市场发行数量.....	5
图 2: 历史上可转债市场发行规模.....	5
图 3: 可转债市场价、平价与债底价值的关系.....	6
图 4: 国债到期收益率.....	9
图 5: 航信转债的股价模拟图.....	15
图 6: 振德转债计算 100 次模型价格的结果分布.....	16
 表 1: 可转债市场相关政策.....	 5
表 2: 企业债收益率.....	9
表 3: 发布不赎回公告的可转债.....	10
表 4: 触发赎回条件但未发布公告的转债.....	10
表 5: 发生过下修的转债.....	11
表 6: 发布下修公告但未下修转股价的转债.....	12
表 7: 发生过回售的可转债.....	12
表 8: 发布回售公告但没有投资者参与回售的转债.....	13
表 9: 8 月 21 日-8 月 28 日一周内涨跌幅	17
表 10: 价差百分比排名前 10%的可转债	17
表 11: 价差百分比排名后 10%的可转债	18

1. 中国可转债市场的发展历史

可转债全称为“可转换公司债券”，是指在一定时期内可以按照约定条款，由债转股的一种债券。可转债可以被看作一种复杂的信用衍生品，一种介于股票和债券之间的投资工具。中国的可转债市场开始于1993年，至今已有27年的历史。期间中国可转债市场经历了一波三折的历史和不断的改革创新。截至2020年8月28日，已经有566只债券（包含可交换债和分离式可转债）出现在中国可转债市场的历史中。

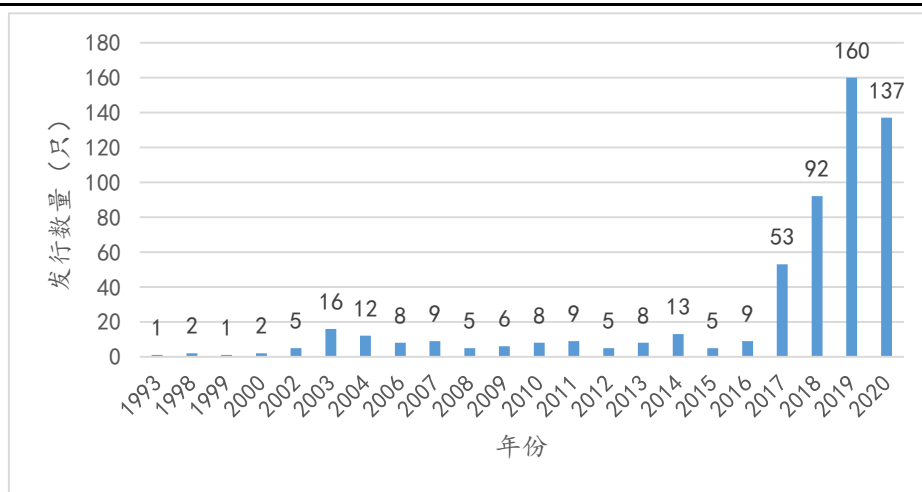
中国可转债市场的历史可以分为三个阶段。第一阶段为萌芽期（1993年-2000年），市场开始探索式的发展。第一只可转债是1993年上市的宝安转债，发行规模为5亿元，但由于市场不完善，最后转股失败。随后1997年3月，我国市场第一个可转债规范性文件——《可转换公司债券管理暂行办法》发布。1998年，可转债市场重启，市场发行了丝绸转债、南化转债和茂炼转债。

第二阶段为发展期（2001年-2016年），市场逐渐进入稳步发展。2001年，证监会颁布了《上市公司发行可转换债实施办法》和3个相关的配套文件，可转债的发行有了指导和约束的监管框架。2006年，证监会颁布《上市公司证券发行管理办法》，并同时废止《可转换公司债券管理暂行办法》、《上市公司发行可转换债实施办法》和《关于做好上市公司可转换债券发行工作的通知》三部政策性文件，进一步完善了可转债市场。但由于2008年的金融危机和再融资的限制放宽，可转债市场的发展速度较慢。

第三阶段为爆发期（2017年至今），可转债市场开启了井喷式的发展。2017年2月17日，证监会发布了《关于修改〈上市公司非公开发行股票实施细则〉的决定》，收紧了再融资的审核制度。2017年5月27日，证监会发布了《上市公司股东、董监高减持股份的若干规定》，对大股东非公开发行获得的股份纳入减持监管。证监会对定增业务限制的同时，宽松了可转债的投资限制。2017年9月8日，证监会修改了《证券发行与承销管理办法》，解决了可转债发行过程中产生的资金冻结问题，将可转债和可交换债的资金申购改为信用申购，网上申购时无需缴纳申购资金，网下配售也不再要求预缴定金。政策的一松一紧之间，催生了可转债市场的井喷式发展。2017年-2019年间，分别发行了53、92、160只转债，总发行规模分别为949.4、794.2、2758.4亿元。而2017年之前总共仅发行了124只转债，总发行规模为3232.6亿元。可见近年来转债市场发展十分迅速，可称为井喷式发展。

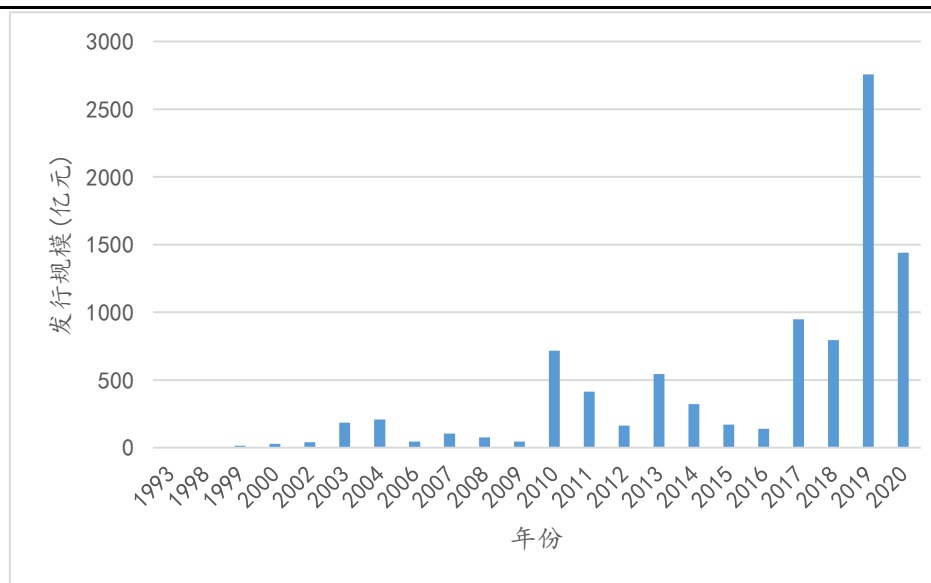
2020年1月-8月间，总计发行了137只转债，发行规模达1441.6亿元，均已超过2019年的一半。随着转债市场的迅猛发展，如何选择有价值的标的成为了所有可转债投资者关心的问题。其中，根据可转债本身作为衍生品的性质，使用蒙特卡洛模拟进行数值求解是一种较为准确的方法。本文将依据这种方法对目前市场上的可转债进行定价。

图 1: 历史上可转债市场发行数量



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

图 2: 历史上可转债市场发行规模



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

表 1: 可转债市场相关政策

年份	相关政策
1997 年 3 月	发布《可转换公司债券管理暂行办法》
2001 年 4 月	发布《上市公司发行可转换债实施办法》
2006 年 4 月	发布《上市公司证券发行管理办法》
2017 年 2 月	发布《关于修改<上市公司非公开发行股票实施细则>的决定》
2017 年 5 月	发布《上市公司股东、董监高减持股份的若干规定》
2017 年 9 月	修改《证券发行与承销管理办法》

数据来源: 证监会, 东吴证券研究所

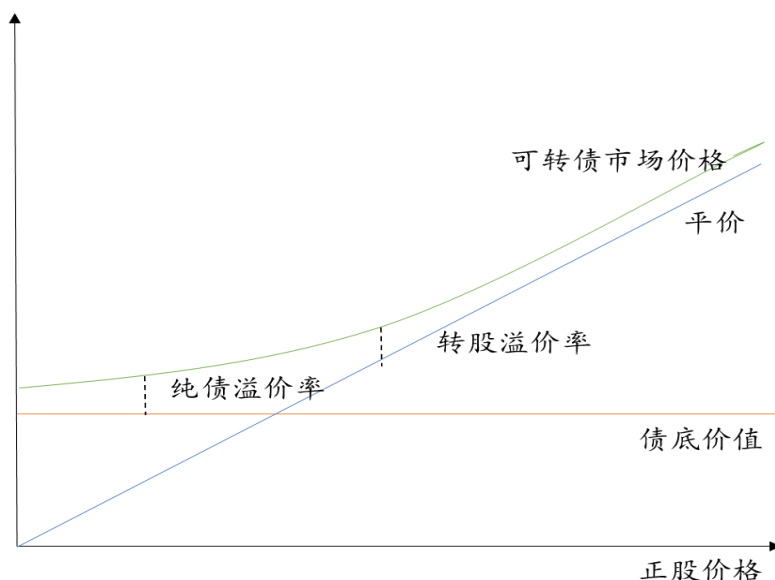
2. 可转债定价模型概述

2.1. 可转债的特点

可转债可以被看成一种由债底价值+奇异期权构成的复杂信用衍生品。由于可转债有着路径依赖的条款，因此可转债的期权部分可以被看成一种路径依赖的期权。

由于可转债是一种可以转成股票的债券，因此其兼具股性和债性。债性体现在当转股价值（平价）低时，债底价值（纯债价值）的保底作用。而股性指的是转股价值较高时，随着正股价格的提升，相应转债价格将上行。纯债溢价率越高，其股性越明显，反之债性越明显。我国可转债的股性较强，债性较弱。

图 3：可转债市场价、平价与债底价值的关系



数据来源：Wind，东吴证券研究所

除股性和债性外，中国可转债市场上每个可转债都有着自己的条款，因此需要做到根据每只债券的不同情况进行不同的处置，这也增加了可转债定价的复杂性。我国可转债的主要条款有转股条款、赎回条款、回售条款和特别向下修正条款（简称下修条款）。

转股条款规定了转股时间，转股价格，以及因送红股、转增股本、增发新股、配股或派发现金股利等情况使公司股份发生变化时，对转股价格的调整。例如：航信转债（110031.SH）转股条款规定，发生变化时，按照以下公式进行调整：送股或转增股本： $P1 = P0 / (1 + n)$ ；增发新股或配股： $P1 = (P0 + A \times k) / (1 + k)$ ；两项同时进行： $P1 = (P0 + A \times k) / (1 + n + k)$ ；派发现金股利： $P1 = P0 - D$ ；上述三项同时进行： $P1 = (P0 - D + A \times k) / (1 + n + k)$ 。¹

¹ P0 是指发生变化之前的转股价格，P1 是指变化后的转股价格。n 是指送股或转增的比例，k 为发新股或配股的比例，A 为对应发新股或配股的价格，D 为每股现金红利。

赎回条款分为到期赎回和提前赎回。①**提前赎回的目的是在正股股价较高时，督促投资者转股。**提前赎回的触发条件一般格式为：在转股期内，如果公司股票连续 X 个交易日中至少有 Y 个交易日的收盘价格不低于当期转股价格的 Z%，则触发赎回条款。例如，航信转债(110031.SH)的提前赎回条件为：在本次发行的可转换公司债券转股期内，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%），则触发提前赎回。提前赎回时，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，或者投资者转股。②**到期赎回时，发行人会按一定上浮比例赎回债券。**例如，航信转债的赎回条款中：在本次发行的可转债期满后五个交易日内，公司将以本次发行的可转债的票面面值的 107%（含最后一期利息）向投资者赎回全部未转股的可转债。

回售条款的目的是保护投资者的权益。即当一段时间内股票价格过低时，投资者可以将可转债回售给发行人。回售的触发期限较短，一般为最后两年，而且要求较为苛刻，投资者通常一年只有一次回售的机会。回售条件一般格式如下：在最后两个计息年度任何连续 X 个交易日的股票收盘价格低于当期转股价格的 Y%时，触发回售。例如，航信转债的回售条件为：在最后两个计息年度任何连续 30 个交易日的股票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当期应计利息的价格回售给发行人。

下修条款的目的是当正股股票价格较低时，发行人可以有机会下修转股价，有利于转股。①下修条件格式如下：在可转债存续期间，当本公司股票在任意连续 X 个交易日中有 Y 个交易日的收盘价低于当期转股价格的 Z%时，公司董事会有权提出转股价格向下修正方案并提交本公司股东大会表决。例如，航信转债的下修条件为：在可转债存续期间，当本公司股票在任意连续 20 个交易日中有 10 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本公司股东大会表决，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。②下修后的转股价格一般要求不低于股东大会前 20 个交易日股票交易均价和前 1 交易日的交易均价，并低于之前的转股价格。有的公司还会要求转股价格不得低于最近每股净资产和股票面值。③发生下修后，其他条款应根据下修后的价格进行重新计算，回售条件的累计时间将重计。

2.2. 可转债模型的假设

基于可转债的特点，本文将对其进行定价，所涉及的假设如下：

2.2.1. 将股票视为期权的标的资产

对于转债的标的物，一般分为股票价值和公司价值两种。由于转股会对股权造成稀释作用，因此衡量公司价值更为准确，但是一家公司的总体价值难以直接获知或估计，使得研究者们不得不进行简化。因此，我们将股价作为风险来源的目标资产进行模拟。此外，发生增发分红等事件时，转股条款中会通过修正转股价进行抵消，因此本模型不

考虑其造成的影响。

2.2.2. 正股股价服从几何布朗运动

与 Black-Scholes 模型中的假设一样，即在无风险测度下，股价服从几何布朗运动：

$$dS_t = rS_t dt + \sigma S_t dW_t$$

其中， r 是无风险利率， σ 是股价的波动率。我们使用之前一年的历史波动率来估计股价的波动率 σ ，即

$$\sigma^{\wedge} = \sqrt{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T ((\ln(\frac{S_t}{S_{t-1}})) - \mu)^2}$$

其中，

$$\mu = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \ln(\frac{S_t}{S_{t-1}})$$

根据几何布朗运动，我们将使用蒙特卡洛方法对每一只正股股价路径进行模拟，进而完成对每一个可转债的定价。

2.2.3. 将转股条款作为欧式期权处理

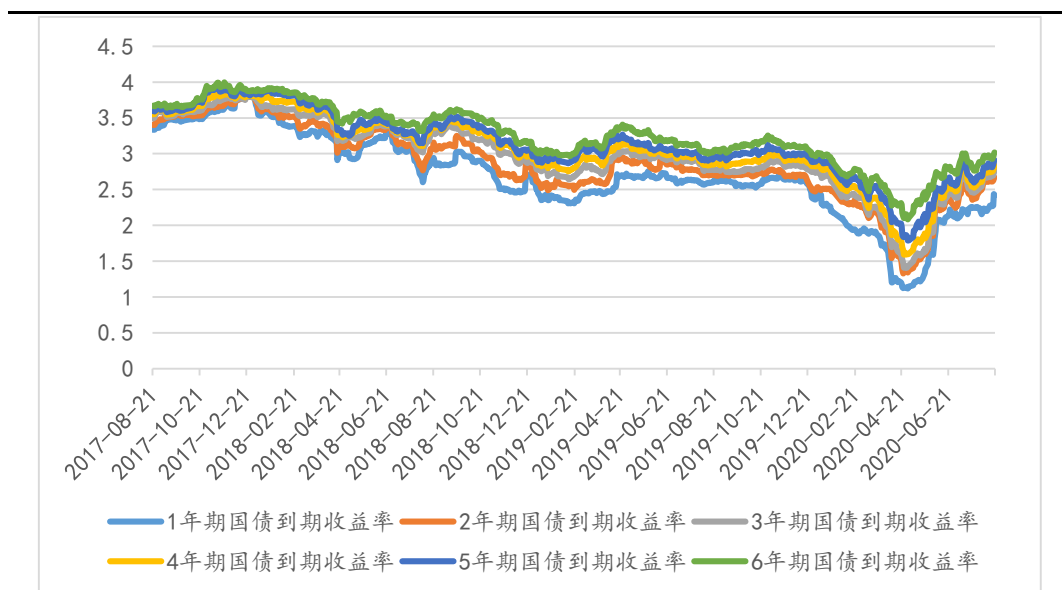
转股条款中，实际上投资者可以随时转股，但为了简化处理，我们假设除非转债到期或者达到赎回条款的条件，持有人不会进行转股，只会在二级市场上出售。这一处理类似于无分红条件下的美式期权持有者²。在理想的情况下，股票不分红的美式期权持有人不会提前行权，而中国的股票往往不分红，即使分红也会通过调整转股价格进行抵消。

2.2.4. 使用国债到期收益率作为无风险利率

由于我国可转债股性大于债性，可转债受到利率的影响较小。因此，为了简化起见，我们使用与可转债同期限的国债到期收益率的最新价值作为无风险利率，并设其为常数，用于几何布朗运动的构建和未来价值的折现。

² 如果股票不支付红利，若在 t 时点提前行权，获得的收益为 $S(t) - K$ ，到 T 时的价值为 $S(T) - Ke^{r(T-t)}$ ，若在到期日 T 时再行权，获得的收益为 $S(T) - K$ ，大于提前行权的情况，因此美式期权的持有人不应提前行权。

图 4: 国债到期收益率



2.2.5. 使用同等级企业债收益率对债券部分进行折现

由于近年来信用债市场打破刚性兑付, 债券违约时有发生, 因此为了考虑违约风险, 我们使用同等级企业债收益率对债券面值和利息进行折现。

表 2: 企业债收益率

	一年期	二年期	三年期	四年期	五年期	六年期
AAA	2.9507	3.2006	3.4794	3.6838	3.8693	3.9057
AAA-	3.0307	3.2706	3.5694	3.8238	4.0293	4.1057
AA+	3.0907	3.3306	3.6394	3.8938	4.1193	4.1857
AA	3.2507	3.5106	3.8694	4.1938	4.5093	4.5857
AA-	5.3307	5.5906	5.9494	6.3638	6.6793	6.7557
A+	7.5007	7.7606	8.1194	8.5338	8.8493	8.9257
A	9.6707	9.9306	10.2894	10.7038	11.0193	11.0957
A-	11.8407	12.1006	12.4594	12.8738	13.1893	13.2657
BBB+	14.0107	14.2706	14.6294	15.0438	15.3593	15.4357

数据来源: Wind, 东吴证券研究所

2.2.6. 考虑赎回的不确定性

由于近年来, 转债市场上出现了公司发布不赎回公告以及触发赎回条件但未做出反应的情况, 我们设置了赎回概率 p 。截止至 2020 年 8 月 21 日, 历史上共有 131 只转债触发了赎回条件, 而其中 100 只转债发布了提前赎回公告, 17 只转债发布了不提前赎回公告, 14 只转债暂时没有任何公告。因此, 我们设置 p 为 0 到 1 间的随机数, 当 $p \leq 0.75$

时，触发赎回条件使得债券提前赎回；当 $p > 0.75$ 时，触发赎回条件也不会使得债券发生赎回。

表 3: 发布不赎回公告的可转债

转债代码	转债名称	正股名称	债券期限	债券评级	申万一级行业
110044.SH	广电转债	广电网络	6 年	AA	传媒
113027.SH	华钰转债	华钰矿业	6 年	AA-	有色金属
113504.SH	艾华转债	艾华集团	6 年	AA	电子
113509.SH	新泉转债	新泉股份	6 年	AA	汽车
113520.SH	百合转债	梦百合	6 年	AA-	轻工制造
113521.SH	科森转债	科森科技	6 年	AA	机械设备
113526.SH	联泰转债	联泰环保	6 年	AA+	公用事业
113547.SH	索发转债	索通发展	6 年	AA	有色金属
113548.SH	石英转债	石英股份	6 年	AA-	有色金属
113554.SH	仙鹤转债	仙鹤股份	6 年	AA	轻工制造
113555.SH	振德转债	振德医疗	6 年	AA-	医药生物
113556.SH	至纯转债	至纯科技	6 年	A+	机械设备
123022.SZ	长信转债	长信科技	6 年	AA	电子
123025.SZ	精测转债	精测电子	6 年	AA-	机械设备
123029.SZ	英科转债	英科医疗	6 年	AA-	医药生物
123031.SZ	晶瑞转债	晶瑞股份	6 年	A+	化工
128017.SZ	金禾转债	金禾实业	6 年	AA	化工

数据来源：Wind，东吴证券研究所

表 4: 触发赎回条件但未发布公告的转债

转债代码	转债名称	正股名称	债券期限	债券评级	申万一级行业
123034.SZ	通光转债	通光线缆	6 年	A+	电气设备
127008.SZ	特发转债	特发信息	5 年	AA	通信
127015.SZ	希望转债	新希望	6 年	AAA	农林牧渔
128028.SZ	赣锋转债	赣锋锂业	6 年	AA	有色金属
128029.SZ	太阳转债	太阳纸业	5 年	AA+	轻工制造
128030.SZ	天康转债	天康生物	6 年	AA	农林牧渔
128036.SZ	金农转债	金新农	6 年	AA-	农林牧渔
128043.SZ	东音转债	罗欣药业	6 年	AA	医药生物
128052.SZ	凯龙转债	凯龙股份	6 年	AA	化工
128053.SZ	尚荣转债	尚荣医疗	6 年	AA	医药生物
128074.SZ	游族转债	游族网络	6 年	AA	传媒

128078.SZ	太极转债	太极股份	6 年	AA	计算机
128092.SZ	唐人转债	唐人神	6 年	AA	农林牧渔

数据来源：Wind，东吴证券研究所

2.2.7. 考虑回售和下修的不确定性

除了赎回之外，回售和下修也有着很强的不确定性。如刘大巍等（2001）³的分析，在理性的情况下，发行人不应下修转股价。而当发生回售时，为了促使转股，公司才会有意愿下修转股价。但在中国很多大股东持有的是非流通股，受短时间内股价下降的冲击不大，出于公司长远发展和资本结构等方面的考虑，大股东可能会支持下修。因此，很多时候下修转股价是大股东和流通股股东间利益的权衡，这种过程非常复杂。

已有文献对下修的处理如下：①忽略下修条款。②设定只要发生回售就会发生下修。这两种处理都是过于简化的。

为了妥善处理下修和回售的不确定性，我们按照以下假设进行：①认为只要触发回售条件，公司才有意愿使用下修条款。②根据可转债市场的历史情况，有 31 只可转债公布回售公告，其中 15 只可转债的投资者参与了回售，而 16 只可转债没有投资者参与回售；有 35 只可转债公布向下修正公告，其中 3 只可转债因为根据下修条款计算的转股价格大于当前转股价，未发生下修。因此，我们设定下修概率 q （0 到 1 的随机数），当 $q \leq 0.2$ 时，触发回售条件后发生回售；当 $0.2 < q < 0.7$ 时，触发回售条件且满足下修条件，则发生下修；当 $q \geq 0.7$ 时，即便触发回售条款，也不会发生回售或者下修，债券将继续存续。③根据市场的统计，由于一些转条款的额外要求和市场情况（例如要求超过股价面值），转债的下修价格平均比条款最低价格（20 天均价和 1 天前均价的最小值）平均高出 5%，我们在模型中加入这个上浮比例。

表 5：发生过下修的转债

转债代码	转债名称	正股名称	债券期限	债券评级	申万一级行业
110031.SH	航信转债	航天信息	6 年	AAA	计算机
110033.SH	国贸转债	厦门国贸	6 年	AAA	商业贸易
110043.SH	无锡转债	无锡银行	6 年	AA+	银行
110056.SH	亨通转债	亨通光电	6 年	AA+	通信
110058.SH	永鼎转债	永鼎股份	6 年	AA	通信
113008.SH	电气转债	上海电气	6 年	AAA	电气设备
113012.SH	骆驼转债	骆驼股份	6 年	AA	汽车
113016.SH	小康转债	小康股份	6 年	AA	汽车
113509.SH	新泉转债	新泉股份	6 年	AA	汽车
113527.SH	维格转债	锦泓集团	6 年	AA	纺织服装
113534.SH	鼎胜转债	鼎胜新材	6 年	AA	有色金属

³ 刘大巍，陈启宏，张翀. 关于我国可转债定价修正模型的实证研究[J]. 管理工程学报, 2011, 25(001):184-191.

113541.SH	荣晟转债	荣晟环保	6 年	AA-	轻工制造
123002.SZ	国祯转债	国祯环保	6 年	AA	公用事业
123007.SZ	道氏转债	道氏技术	6 年	AA-	化工
123015.SZ	蓝盾转债	蓝盾股份	6 年	AA-	计算机
127003.SZ	海印转债	海印股份	6 年	AA	商业贸易
127007.SZ	湖广转债	湖北广电	6 年	AA+	传媒
128012.SZ	辉丰转债	*ST 辉丰	6 年	A	化工
128021.SZ	兄弟转债	兄弟科技	6 年	AA	化工
128022.SZ	众信转债	众信旅游	6 年	AA	休闲服务
128025.SZ	特一转债	特一药业	6 年	AA-	医药生物
128033.SZ	迪龙转债	雪迪龙	6 年	AA	公用事业
128034.SZ	江银转债	江阴银行	6 年	AA+	银行
128039.SZ	三力转债	三力士	6 年	AA-	化工
128043.SZ	东音转债	罗欣药业	6 年	AA	医药生物
128044.SZ	岭南转债	岭南股份	6 年	AA	建筑装饰
128050.SZ	钧达转债	钧达股份	6 年	AA-	汽车
128051.SZ	光华转债	光华科技	6 年	AA-	化工
128062.SZ	亚药转债	亚太药业	6 年	A-	医药生物
128082.SZ	华锋转债	华锋股份	6 年	A+	有色金属
	中海转债			AAA	
110017.SH	(退市)	中远海能	6 年		交通运输
110030.SH	格力转债			AA	
	(退市)	格力地产	6 年		房地产

数据来源：Wind，东吴证券研究所

表 6：发布下修公告但未下修转股价的转债

转债代码	转债名称	正股名称	债券期限	债券评级	申万一级行业
123004.SZ	铁汉转债	铁汉生态	6 年	AA	建筑装饰
128018.SZ	时达转债	新时达	6 年	AA	电气设备
128026.SZ	众兴转债	众兴菌业	6 年	AA-	农林牧渔

数据来源：Wind，东吴证券研究所

表 7：发生过回售的可转债

	转债名称	正股名称	债券期限	债券评级	申万一级行业
110042.SH	航电转债	中航电子	6 年	AAA	国防军工
110045.SH	海澜转债	海澜之家	6 年	AA+	纺织服装

110047.SH	山鹰转债	山鹰纸业	6 年	AA+	轻工制造
110063.SH	鹰 19 转债	山鹰纸业	6 年	AA+	轻工制造
123010.SZ	博世转债	博世科	6 年	AA-	公用事业
127006.SZ	敖东转债	吉林敖东	6 年	AA+	医药生物
128012.SZ	辉丰转债	*ST 辉丰	6 年	A	化工
128015.SZ	久其转债	久其软件	6 年	A+	计算机
128041.SZ	盛路转债	盛路通信	6 年	AA	通信
128104.SZ	裕同转债	裕同科技	6 年	AA+	轻工制造
110063.SH	110063	山鹰纸业	6 年	AA+	轻工制造
	江南转债		6 年		
113010.SH	(退市)	江南水务		AA	公用事业
	生益转债		6 年		
110040.SH	(退市)	生益科技		AA+	电子
	星源转债		6 年		
123009.SZ	(退市)	星源材质		AA-	化工
	利欧转债		6 年		
128038.SZ	(退市)	利欧股份		AA	传媒
	海尔转债		6 年		
110049.SH	(退市)	海尔智家		AAA	家用电器

数据来源：Wind，东吴证券研究所

表 8：发布回售公告但没有投资者参与回售的转债

转债代码	转债名称	正股名称	债券期限	债券评级	申万一级行业
113009.SH	广汽转债	广汽集团	6 年	AAA	汽车
123017.SZ	寒锐转债	寒锐钴业	6 年	AA-	有色金属
128010.SZ	顺昌转债	澳洋顺昌	6 年	AA	交通运输
128017.SZ	金禾转债	金禾实业	6 年	AA	化工
128022.SZ	众信转债	众信旅游	6 年	AA	休闲服务
128030.SZ	天康转债	天康生物	6 年	AA	农林牧渔
128045.SZ	机电转债	中航机电	6 年	AAA	国防军工
128062.SZ	亚药转债	亚太药业	6 年	A-	医药生物
110003.SH	新钢转债				
	(退市)	新钢股份	5 年	AA+	钢铁
110009.SH	双良转债				
	(退市)	双良节能	5 年	AA	机械设备

110030.SH	格力转债 (退市)	格力地产	5 年	AA	房地产
125709.SZ	唐钢转债 (退市)	河钢股份	5 年	AAA	钢铁
128004.SZ	久立转债 (退市)	久立特材	6 年	AA	钢铁
128009.SZ	歌尔转债 (退市)	歌尔股份	6 年	AA+	电子
123001.SZ	蓝标转债 (退市)	蓝色光标	6 年	AA	传媒
110032.SH	三一转债 (退市)	三一重工	6 年	AA+	机械设备

数据来源：Wind，东吴证券研究所

3. 蒙特卡洛模拟求解

3.1. 蒙特卡洛模拟股价路径

根据假设 2，股票服从以下的几何布朗运动：

$$dS_t = rS_t dt + \sigma S_t dW_t$$

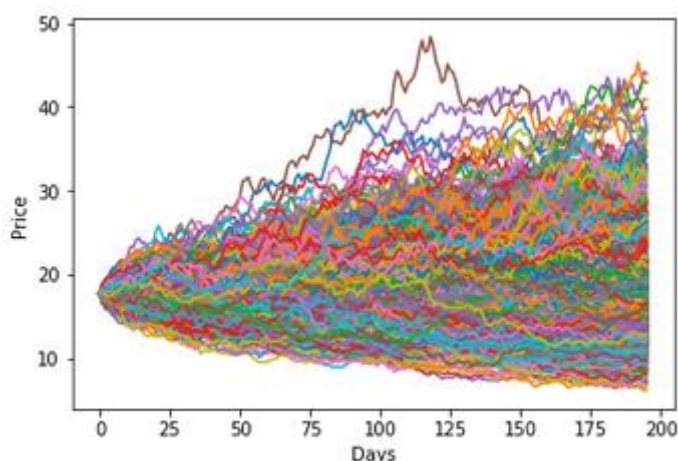
我们首先使用 Python 对所有可转债的正股股价路径进行蒙特卡洛模拟，每个正股模拟 1000 次股价路径。

根据几何布朗运动公式，模型首先需要输入 r （无风险利率）， σ （股票一年的历史波动率）和 S_0 （股票初始价格）。之后，按照数值模拟的方法进行每日的模拟，例如下一天的模拟股价为：

$$S_1 = S_0 + \Delta S_0 = S_0 * (1 + rdt + \sigma dW_t)$$

其中， $dt = 1$ ； dW_t 可以模拟为每日服从 $N(0,1)$ 的随机数。一直模拟直到可转债到期日，共模拟 1000 次。以下为航信转债模拟 1000 次的股价路径图。

图 5：航信转债的股价模拟图



数据来源：Wind，东吴证券研究所

3.2. 每日对可转债状态进行判断

每日根据股价的不同以及每个可转债条款的不同，可转债可以有 4 种状态：赎回，回售，下修，存续。

赎回：根据假设 6，市场上 75% 的概率公司触发赎回条款时，会发赎回公告，并促使股东强制转股。因此我们设置 p 为 0 到 1 间的随机数，当 $p \leq 0.75$ 时，触发赎回条件使得债券提前赎回；在这种情况下，债权人意愿转股，可转债价值为转股价值 $(S_t \times \frac{FV}{X})$ 的现值， X 为转股价， FV 为债券面值， S_t 为当前股价。当 $p > 0.75$ 时，债券不发生赎回，继续存续。

回售：根据假设 7，触发条件的公司中，50% 会选择下修转股价。20% 的公司会选择回售。30% 的公司或者由于目标下修价格没有超过之前转股价，而未完成下修，或者投资者没有采用回售条款，而继续保持存续的状态。因此，我们设定下修概率 q (0 到 1 的随机数)，当 $q \leq 0.2$ 时，触发回售条件后发生回售，转债价值为回售价格的现值。

下修：当 $0.2 < q < 0.7$ 且满足下修条款时，发生下修。根据 2.2.7，发行人会调至下修条款中价格下限上浮 5% 的价格，且即 $1.05 \times (\max(\frac{\sum_{i=t-20}^{t-1} S_i}{20}, S_{t-1}))$ 。而且要超过之前的转股价，最终转股价将下修到 $\min(1.05 \times (\max(\frac{\sum_{i=t-20}^{t-1} S_i}{20}, S_{t-1})), X)$ 。 X 为之前的转股价。当 $q \geq 0.7$ 时，债券将不回售且不下修，并继续存续。

存续：如果没有发生赎回和回售，则可转债继续存续。一直存续至到期日的可转债价值为到期赎回价值和转股价值的最大值，即 $\max((FV + I) \times (1 + u), S_T \times \frac{FV}{X})$ 的现值。

值，其中 FV 为债券面值， I 为到期日的票息， u 为到期赎回的上浮比例， S_T 为到期日的股票价格， X 为转股价。

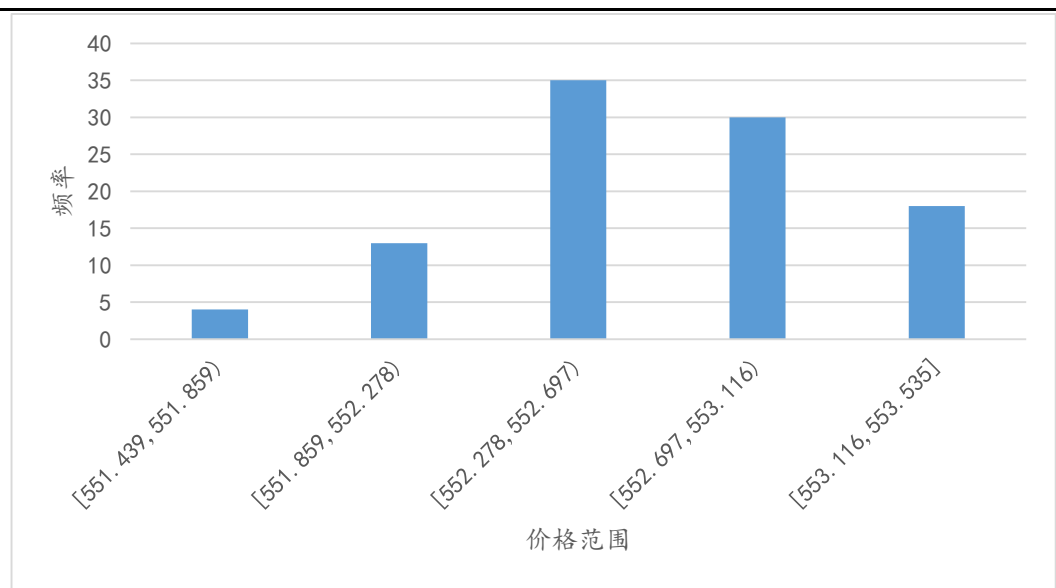
根据以上的规则，我们对每一个可转债和每一条路径进行判断。通过计算，得到每一只可转债 1000 条路径所对应的可转债价值的现值，并计算其平均数，得到可转债当前的价值。接下来，我们将模型模拟出来的可转债价格与当前市场价格作对比，分析得出可转债是否被高估或低估。

4. 模型结果

4.1. 模型的收敛情况

考虑到模型计算的复杂程度和准确性，我们选择对每只可转债进行 1000 次模拟。为了确定模型的收敛情况，我们以振德转债为例，按照上述方法计算了 100 次其在 8 月 21 日对应的模型价格。8 月 21 日，振德转债收盘价为 550.463 元，所对应计算了 100 次的模型价格平均值为 552.537 元，标准差为 0.559，模型收敛情况较好，分布的直方图如下。

图 6：振德转债计算 100 次模型价格的结果分布



数据来源：Wind，东吴证券研究所

可以看出，模型收敛性较好，多次计算的结果基本呈现正态分布，而且方差很小，因此由于模拟路径的次数有限而造成的误差很小，模型的计算结果可以合理地近似代表理论价格。

4.2. 模型结果分析

我们使用模型对 8 月 21 日处于交易状态的 303 只可转债理论价格进行了模型测算，并将其与 8 月 21 日的市场价格进行比较，计算出市场价格与理论价格价差的百分比，并根据价差判断计算可转债价格的未来走势。

根据统计计算，8月21日至8月28日的可转债价格涨跌幅与模型所预测的方向有56%相一致，这个结果并不是很好。原因在于，很多可转债模型与市场的价差较低，所以价格的修复较快，而且易受模型本身的误差和一周内产生的新信息的影响。

因此，我们主要关注于模型偏离度较大的股票，即关注303只可转债中，价差百分比排名占前10%的30只可转债和占后10%的30只可转债。结果发现，前10%的可转债中，有80%的可转债8月21日至8月28日的涨跌幅与8月21日的模型判断相一致。后10%的可转债中，有70%的可转债8月21日至8月28日的涨跌幅与8月21日的模型判断相一致。

此外，前10%的可转债一周内的平均涨跌幅为1.13%，后10%的可转债一周内的平均涨跌幅为-2.59%，所有可转债一周内的平均涨跌幅为-1.61%。前10%与后10%的多空收益为3.72%，超过中证转债指数(000832.CSI)一周内的涨跌幅(-0.11%)。由此可见，模型在判断偏离度较大的可转债未来走势效果较好。

表 9: 8月21日-8月28日一周内涨跌幅

	一周内涨跌幅
价差百分比前 10%的可转债	1.13%
价差百分比后 10%的可转债	-2.59%
中证转债指数	-0.11%
所有上市可转债	-1.61%

数据来源：Wind，东吴证券研究所

表 10: 8月21日至下一周内的模型胜率

	所有可转债 的模型胜率	价差百分比后 10% 的模型胜率	价差百分比前 10% 的模型胜率
8月21日-8月24日	48%	77%	67%
8月21日-8月25日	48%	63%	65%
8月21日-8月26日	57%	86%	52%
8月21日-8月27日	55%	86%	59%
8月21日-8月28日	56%	80%	70%

数据来源：Wind，东吴证券研究所

表 10: 价差百分比排名前 10%的可转债

转债名称	市场价格 (8月21日)	模型价格 (8月21日)	价差 百分比	市场价格 (8月28日)
113586.SH 上机转债	167.2286	185.5470	9.87%	176.56
113575.SH 东时转债	141.3321	155.3873	9.05%	143.47
113581.SH 龙蟠转债	272.6742	299.7817	9.04%	283.74
128108.SZ 蓝帆转债	148.7078	160.4939	7.34%	143.5

128097.SZ	奥佳转债	140.2049	151.2444	7.30%	154.06
127003.SZ	海印转债	118.6301	126.8311	6.47%	122.22
113571.SH	博特转债	180.2867	191.7898	6.00%	171.04
110058.SH	永鼎转债	124.3296	131.7857	5.66%	121.67
123046.SZ	天铁转债	149.1043	158.0378	5.65%	154.4
113035.SH	福莱转债	159.7547	169.3106	5.64%	163.53
113565.SH	宏辉转债	137.986	146.1829	5.61%	130.86
113585.SH	寿仙转债	132.4986	139.9680	5.34%	134.05
113037.SH	紫银转债	111.1936	116.7616	4.77%	110.85
127019.SZ	国城转债	110.5678	115.7014	4.44%	113.4
113008.SH	电气转债	114.5389	118.8685	3.64%	114.9
128013.SZ	洪涛转债	114.8816	119.1764	3.60%	113.291
123044.SZ	红相转债	159.9767	165.7519	3.48%	158.5
128085.SZ	鸿达转债	111.1971	115.0642	3.36%	110.099
113577.SH	春秋转债	152.6919	157.8712	3.28%	153.06
127018.SZ	本钢转债	98.4322	101.6645	3.18%	98.234
128112.SZ	歌尔转 2	178.4611	183.9247	2.97%	181
128050.SZ	钧达转债	118.5121	121.8767	2.76%	118.2
113537.SH	文灿转债	122.04	125.4679	2.73%	124.06
128115.SZ	巨星转债	176.0353	180.8763	2.68%	183.5
128102.SZ	海大转债	193.3145	198.4137	2.57%	202.6
123002.SZ	国祯转债	128.2575	131.5486	2.50%	125.4
113572.SH	三祥转债	129.6014	132.5647	2.24%	138.03
113595.SH	花王转债	115.2662	117.5816	1.97%	117.06
123056.SZ	雪榕转债	145.4753	148.3899	1.96%	150.9
113550.SH	常汽转债	163.3805	166.4120	1.82%	160.19

数据来源：Wind，东吴证券研究所

表 11：价差百分比排名后 10%的可转债

	转债名称	市场价格 (8月21日)	模型价格 (8月21日)	价差 百分比	市场价格 (8月28日)
123013.SZ	横河转债	445.9112	93.6965	-375.91%	383
128041.SZ	盛路转债	261.8314	121.9097	-114.77%	238.001
110044.SH	广电转债	282.0966	132.2524	-113.30%	321.79
123015.SZ	蓝盾转债	181.9753	92.1670	-97.44%	191
127004.SZ	模塑转债	215.0561	122.7576	-75.19%	206
128052.SZ	凯龙转债	312.5321	197.8084	-58.00%	298.995

128103.SZ	同德转债	221.7959	146.2440	-51.66%	184.499
128062.SZ	亚药转债	80.6145	55.9337	-44.13%	80.488
127008.SZ	特发转债	332.5414	234.9863	-41.52%	314.99
123014.SZ	凯发转债	159.9288	114.0166	-40.27%	149.4
123012.SZ	万顺转债	150.9096	113.6210	-32.82%	143.08
123031.SZ	晶瑞转债	261.8077	198.5421	-31.87%	252.86
128091.SZ	新天转债	158.6137	123.5994	-28.33%	153.107
123018.SZ	溢利转债	210.5973	168.8201	-24.75%	203
128100.SZ	搜特转债	101.9374	83.7272	-21.75%	105.903
128072.SZ	翔鹭转债	106.0467	87.4885	-21.21%	104.9
113569.SH	科达转债	103.9681	85.8763	-21.07%	103.95
123039.SZ	开润转债	115.9476	95.9764	-20.81%	116.2
123060.SZ	苏试转债	147.5149	123.2860	-19.65%	143.2
113574.SH	华体转债	113.7827	95.1695	-19.56%	110.11
128036.SZ	金农转债	178.5452	149.4522	-19.47%	165.12
123042.SZ	银河转债	113.7986	95.2796	-19.44%	112.993
113502.SH	嘉澳转债	105.2192	88.6755	-18.66%	105.1
113573.SH	纵横转债	106.376	89.8128	-18.44%	104.95
123024.SZ	岱勒转债	112.089	94.9137	-18.10%	110.696
128043.SZ	东音转债	327.9452	279.1832	-17.47%	309.49
113597.SH	佳力转债	113.0085	96.4134	-17.21%	113.16
128053.SZ	尚荣转债	197.7103	169.0961	-16.92%	192
128121.SZ	宏川转债	125.4605	108.2305	-15.92%	126.1
123034.SZ	通光转债	152.9884	132.1932	-15.73%	156.51

数据来源：Wind，东吴证券研究所

5. 总结

本文通过蒙特卡洛方法，对市场上处于交易状态的 303 只可转债进行了模拟定价。首先，根据股票几何布朗运动公式，对每只可转债对应的正股进行 1000 次股价路径的模拟。再通过判断每日可转债的状态，决定可转债是否触发了赎回、回售、下修等条款条件，并考虑了赎回、回售、下修的不确定性，进而测算出每条路径的可转债价值，并加总平均，计算出每只可转债当前所对应的模型理论价格。

我们比较了模型理论价格和市场价格，发现在一周内，模型对偏离度较大的股票预测效果较好。价差百分比前 10% 的可转债一周内的平均涨跌幅为 1.13%，后 10% 的可转债一周内的平均涨跌幅为 -2.59%，所有可转债一周内的平均涨跌幅为 -1.61%。前 10% 与

后 10%的多空收益为 3.72%，超过中证转债指数(000832.CSI)一周内的涨跌幅(-0.11%)。

本模型适合于挑选出全市场内价格被低估和被高估的可转债，也可以筛选出行业内价格较低的可转债，以及跟踪某一只转债的趋势，可供投资者参考。

6. 风险提示

结论基于历史数据和统计模型的测算，未来市场可能发生无法预期的重大变化，不排除模型失效的可能性。

免责声明

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司不对任何人因使用本报告中的内容所导致的损失负任何责任。在法律许可的情况下，东吴证券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并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，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、复制和发布。如引用、刊发、转载，需征得东吴证券研究所同意，并注明出处为东吴证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

东吴证券投资评级标准：

公司投资评级：

买入：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘在 15%以上；

增持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于 5%与 15%之间；

中性：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于-5%与 5%之间；

减持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来 6 个月内，行业指数相对强于大盘 5%以上；

中性：预期未来 6 个月内，行业指数相对大盘-5%与 5%；

减持：预期未来 6 个月内，行业指数相对弱于大盘 5%以上。

东吴证券研究所

苏州工业园区星阳街 5 号

邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>