

□财经前沿

# 信用评级有效性研究

## ——发行利差的解构视角

沈中华 管超 毕盛 吕开宇

〔摘要〕评级等级偏高促使投资者对信用评级有效性提出质疑。通过选取2002—2017年中国信用债市场短期融资券、中期票据、企业债和公司债作为研究样本，引入随机森林方法，通过机器学习获得信用评级对利差的重要性排序。结果发现：信用评级在利差解构的重要性排序中居前，说明评级对利差具有极强的解释力；信用评级在不同券种中的利差重要性顺序存在差异，公司债和企业债的解释力及重要性强于短融和中票，这与券种的信用风险整体环境密切相关。研究证伪了评级无效论，诠释了中国信用利差之谜，对理解利差的构成具有重要意义。

〔关键词〕信用评级；信用利差；分位数回归；随机森林

〔基金项目〕国家自然科学基金项目（71373264，71761147004）；中国农业科学院科技创新工程项目（ASTIP-IAED-2018-03）

〔收稿日期〕2018-04-11

〔DOI〕10.15939/j.jujss.2018.06.jj2

〔作者简介〕沈中华，南京审计大学银行与货币研究院院长，教育部“长江学者”特聘教授，台湾实践大学财务金融系讲座教授（南京211815）；管超（通讯作者），中国人民银行深圳市中心支行职员，经济学博士（深圳518001）；毕盛，中国农业科学院经济与发展研究所助理研究员，经济学博士；吕开宇，中国农业科学院经济与发展研究所研究员（北京100081）。

## 一、引言

信用利差描述的是信用债利率相较于无风险利率的溢价部分，是信用债投资者所承担的风险补偿，能够反映债券定价和投资收益率的基本情况。与接近无风险收益、无需评级的利率债不同，信用债市场投资者对于债券风险定价非常重视，这关乎票息收入、交易利得和风险承担水平。无论是一级发行市场还是二级交易市场，利差决定了信用债发行利率和交易价格水平，成为市场关注的核心指标。此外，由于信用债存在违约风险，投资者会特别警惕本息安全，因此信用风险溢价成为构成信用利差极其重要的一部分，而信用评级作为信用风险水平的一般性代理指标，被投资者广泛关注。目前，中国监管部门要求债券市场中信用债发行时必须要有信用评级，本意是通过专业的信用评级机构，降低投资者和债券发行方的信息不对称，帮助投资者有效识别发行方的信用风险水平，降低发行方的融资成本，提高资金配置效率，这种监管要求也进一步增进了评级信息价值。尽管如此，信用评级也饱受质疑：评级等级虚高，评级机构利益冲突和评级选购现象层出不穷，2008年的次贷危机也加重了投资者对信用评级的负面评价，信用评级是否

真的如此无用？

本文聚焦信用评级的信息价值和角色重要性，从债券发行利差角度设计并开展研究。选题意义是：一方面能在当前信用评级饱受质疑和诟病的声音中，获得评级角色重要性的证据，扶正信用评级信息价值，特别在发行端，评级对发行利率的重要影响暗含评级能降低债券发行成本，使评级信息中介职能得以明示；另一方面还能对未有完美解释的“信用利差之谜”给出具有中国特色的分析结果，从学术角度对信用利差的解构进行讨论，推动信用债相关研究往前迈进。

本文先对信用利差进行理论分析，从文献和中国经济现实角度拆解利差；随后搜集整理中国信用债市场 2002 年 1 月至 2017 年 9 月短期融资券、中期票据、企业债、公司债发行利差及其他相关数据，构建普通线性回归模型进行先验性分析，并用分位数回归开展进一步研究和稳健性测试；随后创新性地引入随机森林方法进行实证分析，通过机器学习对信用利差解释变量进行重要性排序，证明信用评级对利差的影响程度，以此揭示信用评级对降低债券发行成本的作用，佐证信用评级的有效性。

## 二、利差理论分析

### （一）信用利差之谜

信用利差是信用债收益率超过无风险收益率的溢价部分，主要是信用债存在的违约风险溢价，利差理论上应该约等于预期违约损失。但国外学者研究发现，信用利差往往在实践中大幅高于平均预期违约损失。Amato & Remolona 发现 2000 年前后，美国 2—5 年期 BBB 级公司债年化利差是同期平均年化预期违约损失的 8 倍多，这很难简单将利差解释为信用风险的补偿，于是将这种利差与预期损失的缺口称为信用利差之谜。<sup>[1]</sup> Dufresne & Goldstein 以及 Driessen 均对信用利差进行了研究，证明了利差缺口的存在。<sup>[2-3]</sup>

### （二）税收溢价与流动性溢价

Altman *et al.* 统计了相关数据，发现无论何种评级或期限，预期违约损失都仅相当于利差的一小部分，两者并非简单的倍数关系，利差与预期损失之差的绝对值随着评级下降而增加，低评级的利差缺口更大。<sup>[4]</sup> 学者们在研究信用利差时普遍将信用风险补偿外的因素考虑进来，提出了税收溢价、流动性风险溢价以及系统性风险溢价等理论解释。Elton *et al.* 在利差分解中发现了税收溢价存在，还引入了流动性风险溢价对利差进行解释<sup>[5]</sup>；他们将信用利差分解为预期违约损失、税收溢价、系统性风险溢价和其他因素，计算发现税收溢价占信用利差的 28% 至 73%<sup>[6]</sup>。Perraudin & Taylor 同样认为流动性风险溢价是除税收溢价之外构成利差的核心因素。<sup>[7]</sup> 税收溢价和流动性溢价也被越来越多的学者所证明。

### （三）系统性风险溢价

债券违约风险取决于企业本身的信用状况和基本面情况，同时还取决于企业外部宏观环境、货币环境和政策环境等经济系统状况。系统性风险是导致债券违约的重要因素，所以系统性风险溢价也应是信用利差的构成部分。宏观经济会影响债市的景气程度、信用债的需求量和投资情绪，货币松紧则会影响企业资金成本和再融资能力，最终都将影响信用利差。国债收益率作为无风险收益率的代理指标，隐含了市场对于宏观经济状况、CPI、货币环境等变量的预期，可以一定程度描述整个系统状况，因此在考虑信用利差与系统性风险的时候，常用国债收益率对信用利差进行解释。对于信用利差和国债收益率的作用关系，主要有三种解释：第一，国债收益率能反映经济状况与经济增长情况，国债收益率下行常暗含经济回落的具体现实，经济回落将伴随企业

经营和利润创造的持续恶化,信用风险上升,违约概率增大,信用利差上行;第二,国债收益率可视为贴现率,国债收益率下行表明企业折现价值提升,这使得企业风险降低,信用利差下行;第三,国债收益率可看作货币松紧的指示器,国债收益率下行说明流动性宽松,企业融资较容易,资金成本低,信用风险水平下降,信用利差下行。从以上三种解释可以看出,信用利差与国债收益率的变动关系并不是那么容易判别。国外实证研究普遍的结论是,信用利差与无风险利率呈反向变动关系,即为第一种解释主导<sup>[8-9]</sup>;国内研究结果也显示,在大多数情况下,信用利差与国债收益率呈现出稳定的反向变动关系<sup>[10-13]</sup>。不过值得注意的是,当信用债的供给和负面信用事件爆发时,将影响这个反向结果;另外,从长期来看,货币政策预期对信用利差的影响作用非常大,当市场对货币政策预期改变的时候,国债收益率作为贴现率的代表,其隐含对企业折现价值的影响作用将逐步放大,降低国债收益率与信用利差之间反向变动的稳定关系,转为同向变动<sup>[14]</sup>。

#### (四) 其他风险溢价

在税收溢价、流动性风险溢价、系统性风险溢价被提出之后,学者们还考虑从资产多样化困难以及违约相关性角度对利差之谜进行解释。前者指投资者常常不能够通过持有足够多的投资组合来完美分散风险中不可预测的部分,所以经常会碰到实际损失超出预期的情形,这就导致利差涵盖了非预期损失的这部分溢价<sup>[15]</sup>;后者指违约事件往往因情绪、联动性或其他因素而倾向于集中爆发,违约相关性难以估计,并对多样化产生制约,使投资组合难以分散风险,最终形成利差缺口<sup>[16-17]</sup>。其他风险溢价包括对平均预期损失不确定的补偿,在非系统性风险可以完全分散的情况下,该部分为零。总之,信用利差主要由信用风险溢价、税收溢价、流动性风险溢价、其他风险溢价所构成。

#### (五) 国有企业因素

中国信用债市场起步较晚,业务规则和市场特点整体上向成熟市场靠拢,但与国外相比,中国还有不同之处,即政府的“兜底”效应。很大比例的信用债都由央企或地方国企发行,这是欧美市场不具有的,这类国企的股东背景对利差有较大影响,存在债券偿付的兜底效应或隐性担保。央企的信用品质被市场看来高于地方国企,而地方国企又高于非国企。国企由于存在潜在支持和兜底效应,其违约风险更低,所以在同一时点上,企业股东背景对信用利差有一定的解释力。<sup>[18-19]</sup>

#### (六) 行业因素

国有企业在经营发展过程中,享受了很多特殊资源和优惠,对于钢铁、煤炭、有色金属等行业来说,国资背景的企业不仅数量众多,而且规模大,企业常能获得政府的补贴,导致行业中的某些企业无视行业周期规律,不考虑产出数量和价格的动态调整,不仅致使企业连年亏损,而且造成行业产出过剩、库存过剩、产能过剩。尽管企业能依靠国家补贴继续存活,但过剩产能对行业将造成显著影响。随着近年来市场化改革的推进,国有企业改革、混合所有制、供给侧改革被中央提出来,去产能、去库存、去杠杆成为这些“三高”行业的主旋律,这不仅使得行业格局发生改变,同时也使行业债券融资市场情况发生变化。信用债行业利差分化明显,近年来“三高”行业利差明显走扩,但公用事业、食品饮料、家用电器等行业利差相对稳定。不同行业本身就存在一个信用风险水平的相对值,这跟行业特点有关,还随行业周期和市场参与者行为而动态变化,防御性行业和周期性行业的信用风险有所差异,行业因素成为中国信用利差的重要解释因素之一<sup>[20-22]</sup>。此外,信用债还根据发行主体分为产业债和城投债,产业债是由各个“真实”行业中的企业所发行的债券,城投债则主要是地方投融资平台作为发债主体,其主业多为地方基

基础设施建设或公益性项目。虽然大部分城投债归属于建筑行业，但其作为投融资平台的特殊性又使其区别于真实建筑业的经营内容，所以被特殊冠名。虽然城投发债主体绝大部分都具有国有背景，但城投债常出现“过度包装”现象，大量基建也在过去的若干年间导致供给过剩，地方政府债务迅速扩张，加剧了风险，这也削弱了国有股东背景降低信用利差的作用<sup>[23]</sup>。

#### （七）制度因素

制度方面，第一，监管层要求上市公司必须进行信息披露，《公司法》、《证券法》、《上市公司信息披露管理办法》是对上市公司及其他信息披露义务人的所有信息披露行为的总括性规范，涵盖公司上市后持续信息披露的各项要求，审计也在上市公司信息披露过程中发挥重要作用。因此，相较于非上市公司而言，上市公司的信息更加全面、透明，信息不对称程度更低，不确定风险因素更少，是否为上市公司成为影响利差的重要因素。第二，监管当局不仅要求债券发行需要评级，还确定了信用债质押式回购的最低要求，《质押式回购资格准入标准及标准券折扣系数取值业务指引（2017年修订版）》设置公司债质押式回购准入标准为：债项评级为AAA级，主体评级不得低于AA级（主体评级AA级的，其评级展望不得为负面）。对于投资者而言，在投资过程中更倾向于选择有质押式回购资格的信用债，债券质押回购能帮助债券投资者实现资金回笼，提高流动性水平，而这种市场倾向也造成了特定信用债的投资偏好，进而抬升了这类债券的市场流动性。第三，全国银行间债券市场依托于全国银行间同业拆借中心和中央国债登记结算公司，是商业银行、农村信用联社、保险公司、证券公司等金融机构进行债券买卖和回购的市场。目前，银行间债券市场是中国债券市场的主体核心部分，相较于交易所债券市场而言，银行间债券市场信用债品种和数量更多，交易成员为资金量大的金融机构，因此在该市场上信用债交易频率更高，使银行间债券市场流动性更高。

### 三、研究设计

在获得信用利差解构的“拼图”后，接下来将引入随机森林方法<sup>[24-25]</sup>进行分析。研究设计部分主要介绍随机森林方法以及变量指标。

随机森林是一种分类、训练、预测的自动学习技术，由于和人类学习过程类似，因此也被称为机器学习方法。从“森林”的字面意思上可以看出，该方法的实质是一种群体决策过程，群体决策不仅可以避免异质性个体的特殊选择，克服极端情况和片面性，还能凸显决策的整体性逻辑。随机森林由 $n$ 棵决策树构成，每棵决策树可以视为一个独立的决策点，决策树包括根节点、叶节点、内部节点和树枝，根节点和内部节点表示特征，叶节点表示分类结果，树枝表示特征值判断条件，组合起来后，决策树就是根据特征值判断条件将样本分为不同的类型，这个不同类型指标在本文中指的是信用利差。图1为决策树的运行逻辑示意图。

通过Bagging抽样并构建一个很多无关联的决策树组成的随机森林后，可以得到随机森林的分类规则以及特征重要性排序。在样本数据训练决策树过程中，不同样本以及不同特征将会形成不同的决策树，每棵决策树确定一个判定逻辑并集中该分类项下所有的特征样本；每棵树均为CART（Classification And Regression Tree），即有分类特征也有回归特征，在每个类别 $n$ 棵决策树中，离散型分类结果是基于“少数服从多数”的投票（Vote）方式，而连续型则是基于平均数（Mean）方式。训练集决策后与测试集对比分析，测试该决策过程的合理性和准确性，不同类别所有的决策树都会形成自己的决策判断，这个预测结果将决定随机森林最终新样本点的分类和变量排序判断。

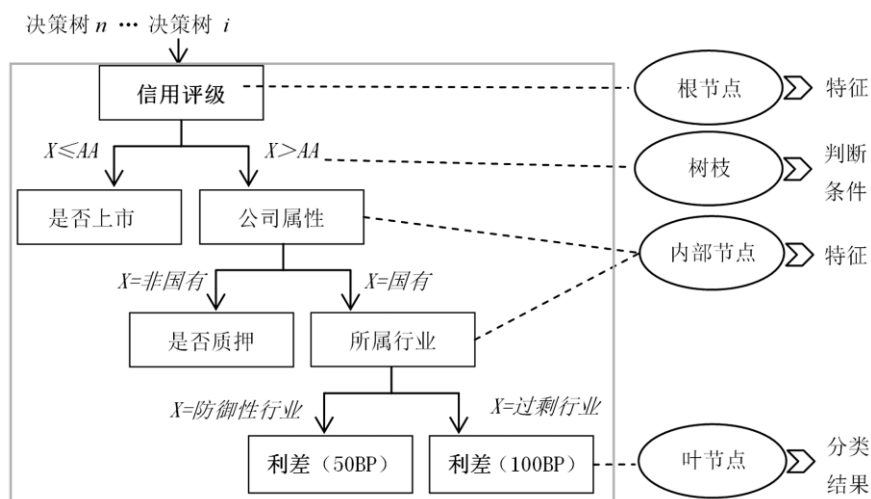


图1 决策树的运行逻辑

随机森林方法具有以下优点：无需考虑样本数据的随机选择问题，无需考虑多重共线性问题，也不用考虑模型变量缺失问题，因此相较于线性回归模型而言，随机森林应用更为便捷，有较好的抗噪能力。此外，随机森林的重要性排序是比回归系数大小分析更科学的一种变量重要性评定方法，因为回归系数往往会受很多因素干扰，如单位和数量级等，而多棵树共同决定（判定过程类似机器学习）的分叉点能够有效判定变量重要性，同时这也意味着随机森林的排序结果仅仅是序位结果，无法报告出系数、符号和  $t$  值等回归特征。结合研究目标及随机森林方法的特点，本文设置以下检验步骤。

第一步，根据信用利差理论，梳理并提炼出影响利差的重要因素，信用评级作为我们的核心变量，用以描述利差的信用风险溢价。

第二步，选择构成随机森林决策树的数量，按照 8:2 的比例将数据点和决策树对应起来，80% 作为训练集的样本，由训练集生成  $n$  棵决策树并构建随机森林，剩余 20% 作为测试集。

第三步，将训练集  $n$  棵决策树视为决策委员，通过均值原则确定运作逻辑，最终将测试集的预测利差值与实际利差值进行对比，求得模型误差大小并提炼出重要性指标。

随机森林输入的是训练集，输出的是随机森林特征重要性排序，该排序可以通过特定指标进行确定：对于分类树，主要观察平均精确度减量和平均不纯度减量；对于回归树，主要观察均方误差增量和节点纯度增量，指标值越大表示变量重要性越大。

根据前文的利差理论分析，我们提取了影响利差的核心变量，主要考虑以下四个因素：第一，信用风险，包括违约概率、违约损失和期限结构。其中，信用评级是描述信用风险水平的核心指标，此外还引入股东背景、是否上市、是否城投、所属行业来描述违约概率；担保和含权特殊条款都将影响违约损失程度，特殊条款包括：是否可赎回、是否可回售、是否可提前还本；根据利率期限结构的释义，债券期限短  $\rightarrow$  相对风险小  $\rightarrow$  利差小，反之亦然。第二，税收溢价，考虑到国开债的免税性，我们用同期限国开债收益率减去同期限国债收益率作为债券税收的代理指标。第三，流动性风险，我们研究的是债券发行时（一级市场）的流动性情况，所以不从二级市场中提炼专门的流动性指标。经验显示，债券发行规模、是否在银行间债券市场发行、是否可以进行质押式回购是三个能够描述信用债发行时流动性状况的指标。第四，系统性风险溢价，该

部分主要使用无风险利率进行描述，与信用债同期限的国债到期收益率是常用的无风险利率指标。由于随机森林对不可预期部分对应的其他风险溢价学习能力有限，因此这一部分不纳入随机森林体系中。信用利差的解构与核心变量的提出详见表 1 所示。

表 1 信用利差的解构与核心变量的提出

利差解构	分类	具体指标
信用风险	违约概率	信用评级( AAA—C 评级等级并赋值)
		是否为国有企业( 1 是国有企业 0 不是)
		是否为上市公司( 1 是上市公司 0 不是)
		是否为城投公司( 1 是城投公司 0 不是)
		所属行业( 申万一级行业分类)
	违约损失	是否有担保( 1 是有担保 0 是无担保) 其他含权特殊条款( 是否提前还本、是否可回售、是否可赎回)
	期限结构	债券发行期限
税收	—	国开债收益率 - 国债收益率
流动性风险	所在市场的流动性	发行市场是否为银行间债券市场( 1 是银行间市场 0 不是)
	单个债券的流动性	债券规模( 债券发行总额) 是否可质押式回购( 1 是能够质押回购 0 不能)
系统性风险	宏观经济、货币 政策、政策环境	无风险收益率( 国债到期收益率)
其他溢价	—	资产多样化困难、违约相关性、投资者结构变化等( 不考虑)

## 四、回归分析与随机森林方法

### (一) 数据和变量说明

本文使用 2002 年 1 月至 2017 年 9 月中国信用债市场存续和已到期的短期融资券、中期票据、企业债、公司债作为研究样本，数据来源于 Wind 数据库以及中国货币网。本文不仅搜集了存续信用债，还纳入了已到期样本，尽可能做到样本空间最大化。随后剔除关键数据缺失的样本，剔除信用利差小于 0 大于 6% 的样本。

信用利差  $CS$  是核心变量，使用发行票面利率  $Rate$  减去同期限的国债到期收益率  $Rf_1$  进行计算<sup>①</sup>；信用评级  $Rating$  选用债券发行时的主体评级，不考虑发行人委托评级机构的区别，将 AAA—C 的评级符号设置为 1—17 的数字，其中 CCC 及往后均令为 1，B - 令为 2，依次增加，AAA 为 17<sup>②</sup>，数值越高表示信用等级越高；税收溢价  $Tax$  为国开债收益率  $Rf_2$  减去国债收益率  $Rf_1$ 。其他变量还包括发行年度  $Year$ 、所属行业  $Industry$ 、发行总额  $Sum$ 、债券期限  $Term$ 、是否为上市公司  $List$ 、是否为国有企业  $State$ 、是否可担保  $Warrant$ 、上市地点  $Place$ 、是否可质押回购  $Repo$ 、是否为城投债  $Citybond$ 、是否提前还本  $Dum_1$ 、是否可回售  $Dum_2$ 、是否可赎回  $Dum_3$ 。整理

① 将样本债券发行日期与对应当日的国债收益率进行匹配。

② 按评级符号依次赋值：AAA = 17，AA + = 16，AA = 15，AA - = 14，A + = 13，A = 12，A - = 11，BBB + = 10，BBB = 9，BBB - = 8，BB + = 7，BB = 6，BB - = 5，B + = 4，B = 3，B - = 2，CCC → C = 1。

数据并对变量进行描述性统计，详见表 2。

表 2 变量描述性统计

变量	全样本				短融	中票	企业债	公司债
	均值	标准误	最小	最大	均值	均值	均值	均值
<i>CS</i>	2.20	1.11	0.01	5.98	1.41	2.35	2.70	2.76
<i>Rate</i>	5.19	1.45	1.35	12	4.65	5.56	6.23	5.63
<i>Rating</i>	15.62	1.16	7	17	15.75	15.74	15.07	15.56
<i>Rf<sub>1</sub></i>	2.99	0.66	0.88	5.77	2.74	3.21	3.53	2.87
<i>Rf<sub>2</sub></i>	3.57	0.89	1.87	6.03	3.23	3.89	4.22	3.36
<i>Sum</i>	13.53	17.48	0.04	300	13.48	14.41	13.31	11.47
<i>Term</i>	2.89	2.76	0.02	30	0.8	4.02	7.32	4.07
<i>List</i>	0.19	0.39	0	1	0.27	0.15	0.01	0.29
<i>State</i>	0.83	0.37	0	1	0.77	0.85	0.99	0.81
<i>Warrant</i>	0.12	0.32	0	1	0.01	0.05	0.46	0.28
<i>Place</i>	0.86	0.34	0	1	1	1	0.56	0.36
<i>Repo</i>	0.1	0.29	0	1	0	0	0.45	0.33
<i>Citybond</i>	0.33	0.47	0	1	0.15	0.35	0.87	0.25
<i>Dum<sub>1</sub></i>	0.16	0.36	0	1	0.00	0.01	0.86	0.02
<i>Dum<sub>2</sub></i>	0.00	0.51	0	1	0.00	0.00	0.01	0.02
<i>Dum<sub>3</sub></i>	0.03	0.17	0	1	0.00	0.1	0.00	0.14
起始年份	2002				2005	2008	2002	2007
样本量	25757				13798	5838	4679	1442

从描述性统计可知，全样本平均利差为 2.2%，短融平均利差最小，主要由于短融期限相对较短所致，对于平均期限相仿的中票和公司债而言，中票的平均利差更低，这可能与中票注册制发行和更佳的流动性有关；评级平均等级数值为 15，对应的等级符号为 AA，这也是被质疑评级虚高的主要表征；全部样本中国企比例高达 83%，担保比例为 12%，在银行间债券市场发行比例为 86%，城投债比例为 33%，基本不含回售条款；企业债中城投占比最高，中票和短融均只在银行间债券市场发行；公司债中上市公司占比最高；质押式回购只限于公司债和企业债；短融基本没有其他含权特殊条款。

## （二）线性回归与分位数回归

在进行随机森林分析前，我们先构建一个简单线性回归模型，对利差解构因素做一个先验性的分析，观察各利差解构变量的系数符号方向和显著性水平，特别考察信用评级变量，模型构造如式（1）所示。

$$CS_{i,t} = \alpha + \beta Rating_{i,t} + \gamma Variables_{i,t} + \eta Industry + \delta Year + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中，*Variables* 表示信用风险、流动性风险等其他各项指标，包括发行总额、期限、各虚拟变量等，*Industry* 为行业因素，*Year* 为年份因素。参考 Pires *et al.* 的研究结果<sup>[26]</sup>，我们猜测信用评级对于高风险企业将发挥更重要的作用，因此还采用了分位数回归模型，作为再检验和稳健性测试，考察不同分位数信用利差与解释变量的关系，OLS 和分位数回归结果如表 3 所示。

回归结果显示，信用评级与利差显著负相关，说明评级越高利差越小，这体现了评级作为信用风险度量工具的重要作用。相较于 0.1 分位数的回归系数绝对值，信用评级对 0.9 分位数的利差影响更大，而 0.9 分位数正是高风险企业群，可以认为，信用评级的信息功能对于高风险企业

子样本更明显。上市公司或国有背景都将显著降低债券发行时的信用利差，是否为城投也有一定

表 3 利差回归结果

变量名		OLS	分位数回归				
			0.1	0.25	0.5	0.75	0.9
违约概率	<i>Rating</i>	-0.26*** (0.005)	-0.16*** (0.005)	-0.21*** (0.006)	-0.25*** (0.007)	-0.31*** (0.011)	-0.37*** (0.017)
	<i>List</i>	-0.19*** (0.012)	-0.11*** (0.01)	-0.12*** (0.010)	-0.16*** (0.011)	-0.26*** (0.017)	-0.35*** (0.027)
	<i>State</i>	-0.62*** (0.014)	-0.32*** (0.013)	-0.39*** (0.014)	0.55*** (0.022)	-0.89*** (0.031)	-0.94*** (0.044)
	<i>Citybond</i>	-0.09*** (0.014)	-0.05*** (0.011)	-0.09*** (0.011)	-0.16*** (0.013)	-0.18*** (0.021)	-0.19*** (0.042)
违约损失	<i>Warrant</i>	-0.05*** (0.016)	-0.1*** (0.029)	-0.09*** (0.023)	-0.03 (0.021)	-0.02 (0.028)	0.11 (0.045)
	<i>Dum<sub>1</sub></i>	0.45*** (0.03)	0.57*** (0.03)	0.66*** (0.023)	0.65*** (0.024)	0.47*** (0.039)	0.09 (0.074)
	<i>Dum<sub>2</sub></i>	0.15* (0.089)	-0.11 (0.12)	-0.02 (0.117)	0.06 (0.206)	0.36 (0.364)	0.15 (0.171)
	<i>Dum<sub>3</sub></i>	0.94*** (0.026)	0.73*** (0.03)	0.74*** (0.028)	0.9*** (0.039)	0.67*** (0.041)	0.64*** (0.068)
期限	<i>Term</i>	0.002** (0.003)	-0.03*** (0.003)	-0.01*** (0.002)	0.01** (0.003)	0.04*** (0.005)	0.08*** (0.012)
税收	<i>Tax</i>	0.83*** (0.019)	1.16*** (0.017)	1.27*** (0.017)	1.32*** (0.021)	1.31*** (0.027)	1.17*** (0.042)
	<i>Place</i>	-0.39*** (0.015)	-0.05 (0.034)	-0.04* (0.025)	-0.05*** (0.02)	-0.14*** (0.024)	-0.17*** (0.033)
流动性	<i>Sum</i>	-0.007*** (0.003)	-0.14*** (0.006)	-0.14*** (0.007)	-0.21*** (0.007)	-0.24*** (0.008)	-0.36*** (0.013)
	<i>Repo</i>	-0.19*** (0.019)	-0.03 (0.033)	-0.08*** (0.023)	-0.16*** (0.022)	-0.2*** (0.032)	-0.13** (0.053)
系统性	<i>Rf<sub>1</sub></i>	0.07** (0.013)	0.09*** (0.009)	0.09*** (0.009)	0.13*** (0.009)	0.05*** (0.014)	-0.05** (0.021)
	<i>Constant</i>	7.03*** (0.164)	3.66*** (0.08)	4.57*** (0.091)	5.66*** (0.108)	7.87*** (0.171)	10.06*** (0.246)
	<i>Industry</i>	Control					
	<i>Year</i>	Control					
	<i>R<sup>2</sup></i>	0.660	0.283	0.312	0.341	0.355	0.378

注：\*\*\*、\*\*、\* 分别代表 1%、5%、10% 的水平下显著；括号里展示的是标准误；0.1、0.25、0.5、0.75、0.9 分别表示 10%、25%、50%、75%、90% 的利差分位数子样本的回归结果。

影响，但考虑大部分城投都有国有背景，所以无法判断到底是城投因素还是国有因素导致了利差下降，与此同时，高分位数的回归系数绝对值仍更高；担保以及其他含权特征都能影响发行利差，但仅有是否可赎回变量在高分位数回归中显著；债券期限与发行利差整体显著正相关，但只在 0.5 分位数后才出现，期限结构理论在低风险企业不成立；在银行间债券市场发行、具有质押



式回购资格以及债券发行规模都能影响利差，这可从流动性风险溢价角度进行诠释，分位数回归结果表明，流动性因素对高风险企业也较为重要；国债收益率作为系统性因子，整体与利差呈正向关系，特别是 0.75 利差分位数前的样本，这与部分学者的结论相反，可能原因是货币政策比预期影响更大，国债收益率作为贴现率的代表，其隐含对企业折现价值的影响作用将逐步放大，使国债收益率与利差同向变动，而高风险企业则显示出经济与利差具有反向关系。

### （三）随机森林

从回归分析中可以发现，利差解构的各个指标显著性水平良好，变量符号基本与预期相符，整体拟合性较好；分位数回归展现出不同风险群样本的具体情况，但核心变量的符号和显著性基本保持一致，回归具有稳健性。初步判断这些因素能够对信用利差进行解释，因此将变量组设为随机森林的特征指标，进行随机森林分析。

首先需要选择随机森林的决策树个数  $n$ ，根据全样本模型决策树的推演，模型误差和  $R^2$  都在大约 30 至 40 棵树后收敛，决策树只需超过该值即可，因此我们选择  $n = 80$  棵决策树组成随机森林。

提取训练集，将各个决策树分别进行自动学习，确定运作逻辑，将测试集的预测利差值与实际利差值进行对比，提炼出重要性指标。对于重要性排序，主要关注均方误差增量（Increase in MSE，简称 MSE）和节点纯度增量（Increase in Node Purity，简称 INP）。前者描述的是将一个变量变成随机数时，随机森林模型结果均方差的增加程度，即某个变量被代替时，对预测的结果产生消极影响的程度，可以理解为替代效应，值越大表示变量重要性越高；后者描述的是在每棵树分叉前后的残差平方和情况，即残差平方和的减少程度，可以理解为改善效应，值越大表示变量的分类效果越好，变量重要性越高。需要特别指出的是，我们这里采用的随机森林方法并不报告系数、符号和  $t$  值等回归特征，只显示两类排序的序位结果。图 2 为 MSE 和 INP 的特征重要性排序。

结果显示，均方误差增量重要性排序中，税收溢价位列第一，信用评级排第二位，是否国有、所属行业、系统性因素、债券期限分列 3 至 6 位；按节点纯度增量重要性排序，信用评级位列第一，税收溢价排第二位，系统性因素、发行规模、所属行业、债券期限分列 3 至 6 位。两种排序中，信用评级在分析利差时的重要程度十分明显，信用风险在利差中的解释力度本来就很强，随着 2014 年后信用债市场刚性兑付被打破，信用评级的角色重要性进一



图 2 全样本随机森林特征重要性排序

步凸显。尽管目前市场上评级等级集中在 AA 附近，受人诟病评级虚高，但通过随机森林模型发现，信用评级在解释利差时效果良好，这一方面可能是各种监管规定或风控要求，强化了评级对投资者配置的约束，另一方面可能因为评级是目前相对专业的获取发债公司违约信息的渠道，主体信用评级仍受到投资者重视。

其他因素的重要性分析如下：税收溢价、系统性风险溢价、行业因素、债券期限对利差贡献排序靠前，特别是税收溢价，一定程度佐证了 Elton *et al.* 的结论<sup>[6]</sup>；系统性风险溢价说明宏观经济对利差影响较大；行业和期限都包含了丰富的违约信息，如强周期行业比弱周期行业风险更大，长期限比短期限风险更大；是否国有和发行规模同样对利差具有重要影响，这也符合我们之前理论分析的预期；是否可回售、是否可赎回等其他含权特殊条款实际上对利差贡献有限，说明这些指标所含的违约信息不多，对降低违约损失的作用不明显。

为了考察随机森林重要性排序的稳健性，我们同样将分位数思想纳入随机森林体系中，对全样本进行 0.5 分位数随机森林分析，限于篇幅不对该部分结果进行具体展示。结果显示，信用评级在 MSE 特征重要性排序中位列第二，在 INP 特征重要性排序中位列第一，与之前结果完全一致，说明随机森林的排序结果具有稳健性。

随后探讨不同券种结果是否存在差异，我们将短融、中票、企业债、公司债分别进行随机森林分析，决策树个数仍选取 80 棵，观察 MSE 和 INP 的排序结果。表 4 为子样本随机森林重要性排序结果。

表 4 子样本随机森林重要性排序

排 序	短融		中票		企业债		公司债	
	MSE	INP	MSE	INP	MSE	INP	MSE	INP
1	税收溢价	税收溢价	税收溢价	税收溢价	信用评级	税收溢价	信用评级	信用评级
2	所属行业	信用评级	发行规模	系统性因素	系统性因素	系统性因素	是否可质押	是否可质押
3	系统性因素	是否国有	债券期限	所属行业	税收溢价	信用评级	是否国有	发行规模
4	信用评级	所属行业	系统性因素	发行规模	所属行业	是否提前还本	所属行业	所属行业
5	是否国有	系统性因素	所属行业	债券期限	是否可质押	发行规模	税收溢价	发行地点
6	发行规模	发行规模	是否国有	是否国有	是否可担保	是否为城投	发行规模	系统性因素
7	债券期限	债券期限	是否可赎回	信用评级	发行规模	债券期限	系统性因素	债券期限
8	是否上市公司	是否上市公司	信用评级	是否可赎回	债券期限	所属行业	是否可担保	税收溢价
9	是否城投	是否城投	是否为城投	是否为城投	是否为城投	是否可质押	是否为城投	是否国有
10	是否可担保	是否可担保	是否上市公司	是否上市公司	是否提前还本	是否可担保	债券期限	是否为城投
11	发行地点	是否可回售	是否可担保	是否可担保	是否国有	发行地点	是否可赎回	是否上市公司
12	是否可质押	是否提前还本	是否提前还本	是否提前还本	是否可回售	是否可回售	发行地点	是否可担保
13	是否可赎回	发行地点	发行地点	是否可回售	是否上市公司	是否国有	是否上市公司	是否可赎回
14	是否可回售	是否可质押	是否可质押	发行地点	是否可赎回	是否上市公司	是否可回售	是否可回售
15	是否提前还本	是否可赎回	是否可回售	是否可质押	发行地点	是否可赎回	是否提前还本	是否提前还本

结果显示，信用评级对企业债和公司债子样本极为重要，变量的利差解释力极强，但对短融和中票子样本的重要性相对较弱，特别是中票 MSE 和 INP 重要性排序都位于中段，这可能是由于两个方面原因的影响：第一，中票和短融都为发行注册制，市场化水平较高，并都是在银行间债券市场发行，市场流动性良好，受人民银行监管，信息披露较为充分，信息不对称水平低，风险因子较低，因此信用评级的重要性不高，投资者也不过分依赖评级来揭示信用风险。第二，企

业债和公司债均可在多个市场发行，不仅可以公募发行，还可以进行私募发行。我们还发现两者的担保比例较高，说明投资者认为两个券种本身的风险因子较多，不确定性和信息不对称性较大，信用风险水平高，因此作为描述信用风险的评级重要性更高。

其他指标方面，税收溢价、系统性因素、行业因素在四类券种中的重要性排序靠前，说明这几个因素对利差的解释非常重要；公司债作为主要在交易所债券市场流通的券种，是否可质押是重点关注的因素之一，通过质押式回购投资者能获得投资杠杆及杠杆收益，此外还能加速资金回流，使其成为机构投资者青睐的对象。

最后我们根据训练集和测试集的对比结果，定义偏差度为随机森林预测数减实际数的绝对值，计算全样本 20% 测试集（5 100 个样本点）的偏差度水平。结果显示，98.13% 的测试数据偏差度在 100BP<sup>①</sup> 以内，96.02% 的偏差度在 80BP 以内，87.5% 的偏差度在 50BP 以内，53.57% 的偏差度在 20BP 以内。模型整体准确性较高，特别是 50—100BP 以内的模型效果非常好，这在一定程度上说明随机森林对于利差解构的科学性和准确性。

## 五、研究结论

本文从债券发行利差角度探讨信用评级的有效性，根据信用利差的理论分析，确定了信用风险、税收溢价、流动性风险、系统性风险、其他风险是构成利差的关键因素，提炼利差解构变量，通过 OLS 以及分位数模型进行回归分析，并引入随机森林方法对发行利差的各个变量进行重要性排序，得出以下几个主要结论。

第一，信用评级能较好地解释发行利差，是信用利差之谜重要的解构因素，无论是 MSE 还是 INP 重要性排序，信用评级重要性排名均靠前。尽管目前市场对信用评级的批评不绝于耳，但本文从利差角度证实了评级的有效性，批判了“信评无用”的论断，评级信息中介职能得以明示。究其原因，一方面可能是监管规定或风控要求，强化了评级对投资者配置的约束，另一方面可能由于评级是目前相对专业获取发债公司违约信息的渠道，主体信用评级仍受到投资者重视。

第二，无论在全样本还是子样本中，税收溢价、系统性因素、行业因素、债券期限对利差的解释力均较强，其中税收因素在国外利差研究中备受重视，但却被中国学者普遍忽视，本文提出并再次确认了税收溢价对利差的重要性。回归结果还显示，信用利差与国债收益率同向变动，与部分学者研究结论相反，这可能由于国债收益率对利差的影响主要通过贴现率和货币松紧的作用渠道，而并非经济景气的解释视角。

第三，信用评级在公司债和企业债子样本随机森林重要性测试中排序靠前，但在短融和中票子样本中排序相对靠后，说明短融和中票的整体信用风险水平更低，市场信息对称性更好，所以这两类债券的投资者并不那么依赖信用评级；而公司债和企业债的评级重要性非常高，体现出评级描述信用风险溢价在这两个券种中的重要性。该结论是本文首次提出的，具有一定的现实参考价值和理论意义。

### [参考文献]

[1] Amato J D, Remolona E M. The credit spread puzzle. *Financial Market Research*, 2012, 5: 1073 – 1089.

---

<sup>①</sup> BP (Basis Point) 指基点，是利率改变量的度量单位，一个基点等于 0.01%，100 个基点等于 1%。

- [ 2 ] Dufresne C P , Goldstein R S. Do credit spreads reflect stationary leverage ratios? *Journal of Finance* , 2001 , 56 ( 5 ) : 1929 – 1957.
- [ 3 ] Driessen J. Is default event risk priced in corporate bonds? *Review of Financial Studies* , 2005 , 18 ( 1 ) : 165 – 195.
- [ 4 ] Altman E I , Cooke D , Kishore V. Defaults & returns on high yield bonds: Analysis through 1998 and default outlook for 1999 – 2001. New York University , Leonard N. Stern School Finance Department Working Paper Series 99 – 005 , 1999.
- [ 5 ] Elton E J , Gruber M J , Agrawal D , Mann C. Explaining the rate spread on corporate bonds. *Journal of Finance* , 2001 , 56 ( 1 ) : 247 – 277.
- [ 6 ] Elton E J , Gruber M J , Agrawal D , Mann C. Factors affecting the valuation of corporate bonds. *Investments and Portfolio Performance* , 2002 , 2 ( 3 ) : 53 – 73.
- [ 7 ] Perraudin W , Taylor A P. Liquidity and bond market spreads. *SSRN Electronic Journal* , June 2003.
- [ 8 ] Duffee G R. Treasury yields and corporate bond yield spreads: An empirical analysis. *Finance and Economics Discussion* , 1996 , 53 ( 6 ) : 2225 – 2242.
- [ 9 ] Boss M , Scheicher M. The determinants of credit spreads changes in the Euro area. *Laryngoscope* , 2002 , 106 ( 10 ) : 1226 – 1229.
- [ 10 ] 王安兴、解文增、余文龙 《中国公司债利差的构成及影响因素实证分析》，《管理科学学报》，2012 年 5 期。
- [ 11 ] 赵亮、余粤 《信用利差与利率关系》，《金融市场研究》，2012 年 7 期。
- [ 12 ] 晏艳阳、刘鹏飞 《宏观因素、公司特性与信用利差》，《现代财经》，2014 年 10 期。
- [ 13 ] 张茂军、李婷婷、叶志锋 《中国公司债信用利差的影响机理研究》，《金融理论与实践》，2015 年 6 期。
- [ 14 ] 王宇 《我国企业债信用利差宏观影响因素实证检验》，《债券》，2013 年 11 期。
- [ 15 ] Duffie D , Pan J , Singleton K. Transform analysis and asset pricing for affine jump diffusions. *Econometrica* , 2000 , 68 ( 6 ) : 1343 – 1376.
- [ 16 ] Das S R , Sundaram R K. A Discrete – time approach to arbitrage – free pricing of credit derivatives. *Management Science* , 2000 , 46 ( 1 ) : 46 – 62.
- [ 17 ] 于静霞、周林 《货币政策、宏观经济对企业债券信用利差的影响研究》，《财政研究》，2015 年 5 期。
- [ 18 ] 高强、邹恒甫 《企业债与公司债二级市场定价比较研究》，《金融研究》，2015 年 1 期。
- [ 19 ] 敖小波、林晚发、李晓慧 《内部控制质量与债券信用评级》，《审计研究》，2017 年 2 期。
- [ 20 ] 赵静、方兆本 《中国公司债信用利差决定因素——基于结构化理论的实证研究》，《经济管理》，2011 年 11 期。
- [ 21 ] 郑佳铭、范龙振 《短期融资券收益率影响因素研究》，《管理学报》，2011 年 1 期。
- [ 22 ] 林文达 《供给侧改革对煤炭行业债券投资的影响分析》，《管理评论》，2017 年 6 期。
- [ 23 ] 钟辉勇、钟宁桦、朱小能 《城投债的担保可信吗？——来自债券评级和发行定价的证据》，《金融研究》，2016 年 4 期。
- [ 24 ] Dietterich T. An experimental comparison of three methods for constructing ensembles of decision trees: Bagging. *Machine Learning* , 2000 , 40 ( 2 ) : 139 – 157.
- [ 25 ] Breiman L. Random forests. *Machine Learning* , 2001 , 45 ( 1 ) : 5 – 32.
- [ 26 ] Pires P , Pereira J P , Martins L F. The complete picture of credit default swap spreads — A quantile regression approach. *SSRN Electronic Journal* , January 2010.

[责任编辑：赵东奎]