

中国绿色债券发展发展的国际比较：评估、聚类与动因探索*

林伯强 苏彤

【内容提要】作为绿色低碳项目的针对性融资途径，绿色债券在全球范围内得到了迅速发展。为了深入了解中国绿色债券的发展情况，本文采用 60 个国家或地区 2014–2020 年的绿色债券发行记录数据对绿色债券发展程度水平进行了系统性评估从而实现国际比较，通过聚类分析对全球绿色债券发展情况进行合理归纳，探索了各国绿色债券发展存在差异的动因。结果表明，中国位居绿色债券发展第二梯度、发展速度较快；绿色债券发展的驱动因素主要包括宏观经济基本面、金融体系制度以及绿色低碳转型环境三个方面，针对性的绿色债券推动政策是各国绿色债券发展的最关键动因。本文为我国把握全球绿色债券发展态势，优化绿色债券发展路径，进而为推动绿色债券支撑碳中和进程提供了政策启示。

【关键词】绿色债券；碳中和；金融市场发展；政策支持

【JEL code】G00 G15 G19

*林伯强（通讯作者）：厦门大学管理学院中国能源政策研究院 电子信箱：bqlin@xmu.edu.cn；苏彤：厦门大学管理学院中国能源政策研究院 电子信箱：suyaozhicug@sina.com。

作者感谢国家自然科学基金重点项目（72133003）的资助，感谢匿名审稿人的建设性意见，但当然文责自负。

一、引言

推动环境治理与解决气候变化问题已经成为了各国共识，中国作为负责任的大国，已经明确地提出了具体的碳中和目标，许多国家亦积极响应，全球性的绿色低碳转型正如火如荼地开展（沈小波等，2021；李军等，2021）。在这一背景下，致力于对环境友好型与低碳环保型开发项目提供融资支持的绿色金融工具迎来了新的历史机遇期（Chevallie 等，2021）。其中，绿色债券凭借较低的环境风险和运行效率，在各类绿色金融工具中起步更早、发展势头更佳，也逐步受到全球范围内的广泛关注。绿色债券通过限制募集资金用于资助符合规定条件的绿色项目，引导资本偏好，从而压缩高碳排放行业的融资空间，因此能够有效地支撑可持续发展（巴曙松等，2019）。相比传统债券，绿色债券有类似的运行特征和机制，但具有更严格的“收益使用”标准。

自 2014 年“绿色债券原则”和“气候债券组织标准”发布后，全球绿色债券的标准与制度体系得到了初步建立，从制度上推动了绿色债券发展。伴随着环境与气候变化问题的严峻化，绿色债券随后在国际范围内取得了长足进步。到 2020 年，全球绿色债券当年发行总量已经超过了 2600 亿美元，相比 2014 年的 365.93 亿美元翻了六番，具有绿色债券发行经验的国家（地区）也达到了 70 个以上。由于各国或各地区之间的绿色债券发行情况不尽相同，有必要从相对综合的角度对国家（地区）间差异进行有效评估，从而深刻把握全球绿色债券发展态势。对于中国来说，发展绿色债券的一个重要命题是如何更好地发挥其融资支持作用以推动碳中和进程。制定高效且针对性强的绿色债券规划方案与支持政策既需要了解当前全球绿色债券的整体状况，又需要明确当前中国绿色债券在国际上所处的发展地位与阶段。除此之外，探索影响绿色债券发展的关键因素也是深入发展绿色债券的重要前提。

因此，本文采用 65 个国家或地区 2014-2020 年的绿色债券发行数据对各国绿色债券发展的成熟度水平进行了系统性评估，并通过聚类对各国绿色债券发展情况进行合理归类，以及探索各国绿色债券发展存在差异的动因。结果表明，绿色债券的全球性发展具有异质性，美国是绿色债券发展状况最佳的国家，而中国绿色债券的发展速度最快。整体上看，中国的绿色债券发展程度处于第二梯队，虽然同样为发展绿色债券的先驱国家，但相对第一梯队国家仍有距离。在绿色债券发展的驱动因素中，宏观经济基本面、金融体系制度以及低碳绿色转型环境三个方面的变量均有可能对一国（地区）绿色债券发展程度产生显著作用。对于不同类别和梯队的国家与地区，针对性政策的强度始终能够对绿色债券发展程度产生正面影响，而直接的低碳转型压力与需求则不会助推绿色债券的进步，这表明当前全球绿色债券的发展具有突出的政策导向与政策驱动特征，响应各国（地区）碳中和进程的能力有待提高。

本文可能的贡献主要体现在五个方面。(1) 研究视角上: 构建了针对绿色债券发展程度的评价指标体系, 并据此完成了对各国绿色债券发展状况的系统性评估。以往研究普遍缺少对全球绿色债券发展程度的关注, 少数相关文献也仅仅利用发行量等单一指标进行衡量, 缺少综合性与科学性。(2) 研究范式上: 依靠聚类算法对各国绿色债券发展程度进行分类汇总, 有效界定了各国在绿色债券领域所处的发展地位。聚类分析能够将各国(地区)划分为绿色债券发展的不同梯队, 有助于后发国家参考先进经验对标发展。(3) 研究内容上: 本文实证研究了潜在的影响因素对绿色债券发展水平的引致作用, 揭示了各国绿色债券发展存在差异的动因。目前, 仅有少部分研究从发行规模的角度探讨了绿色债券发展的影响因素, 缺少从多方面考虑的综合性和探索性分析调查, 本文基于绿色债券发展的综合性评价指标并统筹考虑了多方面因素的作用, 是对现有研究的有益补充。(4) 补充讨论上: 立足于梯度化聚类结果, 本文进一步探索了影响聚类趋势的核心因素。相关结果补充了对绿色债券发展动因的理解, 并且揭示了相同梯队国家或地区的绿色债券发展路径具有趋同特质。(5) 现实意义上: 本文的实证研究与讨论结果对从国家层面推动绿色债券发展具有一定政策意涵, 同时, 本文还提出了一些具体的有关我国发展绿色债券的针对性政策建议。在中国双碳约束的当下, 这些政策建议能够为中国未来一段时间内通过发展绿色债券支撑碳中和进程提供经验指导。

本文余下部分安排如下: 第二部分综述了当前有关绿色债券发展的文献; 第三部分是绿色债券发展评估与聚类部分的实证设计与结果; 第四部分从成熟度和聚类类别两个角度上实证分析了绿色债券发展的驱动因素; 第五部分为稳健性检验; 最后一部分为本文的结论与政策建议。

二、绿色债券文献综述

作为新兴且具有良好发展前景的一种金融资产, 绿色债券受到的学术关注正在逐步增加。但由于其起步时间较晚、历史较短, 目前研究绿色债券的实证文献集中在两个方面的研究内容上。一是关于绿色债券本身具有的金融属性与市场特性的研究。其中包括了针对绿色债券与同等传统债券利差之间差距的衡量与影响因素分析, 即绿色债券溢价的相关内容; 对比绿色债券与传统债券的金融属性差异; 以及绿色债券给发行人带来的正面效应等。Ehlers 和 Packer (2017) 比较了绿色债券和传统债券的信用利差, 发现虽然绿色债券在发行时有溢价现象, 但两类债券在二级市场上的表现与传统债券相似。Zerbib (2019) 使用匹配方法来比较绿色债券和传统债券之间的收益率利差, 随后对绿色溢价进行了两个阶段的回归, 发现以欧元与美元计价的绿色债券中绿色溢价很小且为负。基于倾向得分法, Gianfrate 和 Peri (2019) 发现贴标绿色后的债券定价发生了显著变化, 绿色债券的负溢价使其相比传统债券的便利性提升。而公

司发行绿色债券的另一个好处是，上市公司的股票回报会对其绿色债券发行的公告做出积极反应（Tang 和 Zhang, 2020; Flammer, 2021），并且这一好处在中国情境下依然存在（Wang 等, 2020）。国内的研究中，高晓燕和纪文鹏（2018）从发行人特性的角度对绿色债券发行信用利差进行了分析，发现中国债券市场上的绿色溢价相对较小，绿色认证对绿色债券发行信用利差的影响并不显著。马亚明等（2020）从发行主体企业价值的角度探讨了绿色债券对发行人的正面作用，并且发现，积极开展第三方认证能够使发行绿色债券对企业价值的提升效应增加。

二是有关绿色债券市场及其衍生品的市场动态研究，即绿色债券的跨市场联系与以及其他资本市场因素的联动。Pham（2016）较早地对绿色债券市场动态进行了系统的实证研究，使用多元 GARCH 模型来研究市场收益率的波动性情况，其结果表明绿色债券市场往往能够表现出比传统债券更大的波动性聚类特征。Reboredo（2018）衡量了绿色债券和金融市场之间的协同波动，利用 copula 模型，发现绿色债券市场与传统债券市场（公司债、国债）相互依赖，而股票和能源大宗商品价格波动对绿色债券价格的影响可以忽略不计。这使得绿色债券能够为股票和能源市场的投资者提供比持有其他债券的投资者更大的多元化收益。Broadstock 和 Cheng（2019）进一步尝试探索绿色和普通债券市场之间联动性的决定因素，随即确定了经济政策的不确定性、油价以及新闻情绪等因素的作用。在另一项研究中，Pham 和 Huynh（2020）研究了投资者注意力与绿色债券之间的联系，发现了二者在回报率和波动率序列上的时变关系。Reboredo 和 Ugolini（2020）从价格传导过程的角度对跨市场联系进行了更深入的调查，表明绿色债券是一个整体的净价格溢出接收者。Huynh 等（2020）和 Le 等（2020）两项研究应用了类似的频域分析框架，他们共同说明了绿色债券与其他新兴金融资产（如人工智能股票、机器人技术股票、金融科技资产和加密货币）之间存在密切的回报率和波动性传递。此外，他们都支持在研究绿色债券市场的跨市场联系时，投资期限和时变特征应该是重要的关注点。通过改变标准动态新凯恩斯（DNK）模型中的期限溢价套利条件，周新苗等（2020）研究了中国绿色债券市场的分割效应，结论指出政府应当盯住期限溢价，实施内生债务政策，避免社会福利损失。高扬和李春雨（2020）利用中国的市场指数数据探讨了绿色债券与传统固定收益市场、股票市场、外汇市场等相关金融市场的风险溢出效应，研究表明，绿色债券与其他市场的风险溢出具有异质性，同时溢出效应容易受到外部事件冲击的影响。

可见，以上两类研究都为理解绿色债券提供了重要的见解，但这些文献缺少从国家（地区）层面对绿色债券发展进行的评估与分析，这不仅不利于从全球视角上把握绿色债券整体与内部的发展态势，而且缺少对绿色债券市场发展动因的了解。虽然也有少部分研究涉及了绿色债券发展程度的评估或影响因

素分析，但普遍基于定性讨论或简单统计推断的方式，缺少从系统性的角度进行实证探索。例如，金佳宇和韩立岩（2016）对 2008 年-2013 年的绿色债券数据进行统计分析，发现发达经济体的绿色债券市场表现良好，而发展中经济体发展绿色债券则具有促进气候投资与促进债券资本市场增长两方面的好处。李永坤等（2017）从发行主体、市场交易、市场规模、发行成本以及资金投向等方面定性分析了中国的绿色债券发展状况，指出中国绿色债券介入低碳与环境保护领域的积极性不够，绿色债券市场的发展路径和模式有待进一步探索。马骏等（2020）认为，中国的绿色债券发展在短期内得到了迅速发展，基于中国案例可以发现，政府重视、金融体系的建设与参与、民众低碳意识的提高都是推动绿色债券发展的关键动因。综上，在相关文献的分析基础上，本文旨在利用实证的评估、聚类与回归方法对各经济体绿色债券发展情况进行分析，补充现有文献关于绿色债券的认识。

三、绿色债券发展评估与聚类分析

（一）指标体系构建

基于上文的文献综述内容，当前关于绿色债券发展状况的研究较为稀缺。即时有少量文献略有涉及，也均利用了去量纲后的绿色债券发行量作为绿色债券发展水平的代表。虽然以发行量作为债券市场发展程度指标是常见做法，但仅考虑发行量很难从全球视角上全面地把握其发展态势。一个可能存在的问题是，不同规模经济体的绿色债券单支发行量之间可能存在较大差异，从而低估了小经济体的绿色债券发展水平；同时，部分国家可能存在少数发行人垄断绿色债券发行的现象，发行行为集中在中央政府或零星几个企业，若仅仅计算发行量则难以体现这一特征；最后，对于绿色债券这一新兴金融体系来说，其市场建设尚在逐步成熟阶段，衡量其市场发展即是对其实成熟度的判断，因此还需考虑市场结构信息。

因此，本文结合全球绿色债券市场的实情和数据的可获得性，构建了更为综合的绿色债券发展程度指数或成熟度指标。相比单个指标而言，绿色债券发展程度指数综合了更多方面的因素，更能从整体上反映全球不同国家绿色债券的发展状况。作为一个客观、有形的测量准则，该指标能够有效避免评估的随意性。具体来说，本文构建的绿色债券发展程度指数包括了六个指标，涉及市场规模、发行效率、多元化水平等多个方面，各个指标的细节信息展示在表 1。由于绿色债券发展主要起始于 2014 年之后，本文选取了 2014-2020 的绿色债券发行记录作为数据基础，相关数据均来自于 Bloomberg 数据库。在数据收集过程中，本文剔除了缺失信息的发行记录，并将每支绿色债券的发行记录对应到其发行人所属的经济体。为了保证测算的绿色债券发展程度指数具有足够的信息反映能力，本文还删除样本期间仅有 1 支绿色债券发行记录的国家或地区。最终，本文获得了 60 个经济体的相关数据。计算发行金额指标中使

用的发行量与 GDP 数据均以美元作为计价单位，GDP 数据来源于世界银行。

表 1 绿色债券发展程度指数的指标体系

指标	指标含义	衡量方式	方向
发行金额	从体量角度上衡量绿色债券市场规模	发行量/GDP	正
发行支数	从数量角度上衡量绿色债券市场规模	当年发行绿色债券支数	正
发行人个数	衡量绿色债券发行参与的多样化水平	绿色债券发行人当年累计个数	正
发行成本	绿色债券的直接发行效率	当年发行绿色债券的平均票息	负
发行方涉及行业数	绿色债券的行业覆盖多元化水平	绿色债券当年累计涉及行业	正
绿色债券的期限结构数量	绿色债券期限结构多元化水平	绿色债券当年累计期限结构数量	正

（二）实证设计

在确定衡量的指标体系基础上，本文采用主成分分析方法编制了具体的绿色债券发展程度综合指数。本文之所以选择主成分分析法主要是考虑到，该方法不仅能够通过将多个指标重新组合成一组保持原有信息但相互正交的无关变量，消除评价时因指标间相关性带来的重叠计算问题；而且能够基于各主成分的累计贡献率加权计算综合指标，实现降维目的。主成分分析方法主要基于协方差矩阵求主成分，主要实现步骤如下：首先，需要对原始数据进行无量纲化处理，利用“最大-最小”值方法分别对正向与负向指标去量纲，将所有指标转化为正指标。其次，基于去量纲后的指标定义原始矩阵，并计算原始矩阵的相关性系数矩阵。然后，计算相关性系数矩阵的特征值作为主成分。最后，根据各个主成分在全部方差中的占比确定贡献率，并将累计贡献率达到 80%的前 k 个主成分提取作为新矩阵。在此基础上，以主成分的贡献率为权，将各主成分加权求和即可求得绿色债券发展程度的综合得分。对于求得的得分本文进行了归一化处理以避免后续聚类测算过程中可能存在的梯度爆炸问题并提高聚类结果的精度。

本节还基于测算出的各经济体绿色债券发展指数进行了聚类讨论，主要目的在于从发展程度指数的数据结构角度判断不同国家或地区之间的相似性与差异性。聚类分析作为一种数据归约技术，其基本思想就是按照“距离”(或相似度)远近把数据分成若干组别，最终保证尽可能小的“组内”差异和尽可能大的“组间”差异。因此，聚类分析能够基于数据观测值之间的紧密程度将所选样本国家划分为若干个群组，不同的群组内部具有类似的数据结构，对应了类似的绿色债券发展态势。当下主流的聚类分析方法主要包括层次聚类分析和划分聚类分析。本文利用了划分聚类分析中的 K-means 算法测算各经济体绿色债券发展程度的聚类情况。相比于层次聚类方法，划分聚类分析能够更适应于成百观测值的大样本，而 K-means 算法则能够表现出收敛速度快、聚类效果好的优势。K-means 算法的具体步骤可参见黄薇和任若恩（2010）。

（三）绿色债券发展评估结果

基于上文所述的主成分分析方法，本文测算了 60 个经济体在 2014-2020 年各年的绿色债券发展指数。图 1 给出了全球绿色债券发展状况的具体结果，其中横轴表示各国或地区绿色债券发展水平的改善速率，纵轴则表示绿色债券发展的平均水平。图 1 中的虚线为改善速率与发展水平的全球平均水平。因此，位于虚线上方的国家或地区是整体上绿色债券发展水平较高的国家或地区；位于虚线右侧的则是绿色债券发展速度较快的经济体。

从图中可以看出，截至 2020 年，美国、瑞典、法国是绿色债券发展水平最高的三个国家，它们样本期内的绿色债券发展指数远高于其他经济体，其中又以美国为最。而中国则是绿色债券发展水平提升速度最快的国家，其次为日本。横虚线处的绿色债券发展指数数值低于 20，大部分经济体位于虚线下方，由此可以推断，全球整体的绿色债券发展水平不高，并且主要由少数绿色债券发展势头较好、水平较高的先驱类经济体拉动。虚线与坐标轴构成的左下角部分容纳了最多的样本国家或地区，表明绿色债券对于大多数经济体仍是滥觞，不仅发展水平滞后，而且改善幅度也较小。具体针对中国情况，图 1 说明了中国不仅高于全球平均的绿色债券发展水平，同时正以较快的速度推动绿色债券从新兴走向成熟。中国绿色债券体系的系统化、规模化推进大致开始于 2016 年之后，因此当前取得的发展建树是短时间内的突出成就。若以目前的发展速度论，中国的绿色债券市场将会在未来一段时间内获得更明显的进步，甚至可能逐步超越绿色债券发展历史较久的经济体。从这一角度看，中国绿色债券的快速发展为全球性的利用金融体系推动碳中和进程做出了巨大贡献。

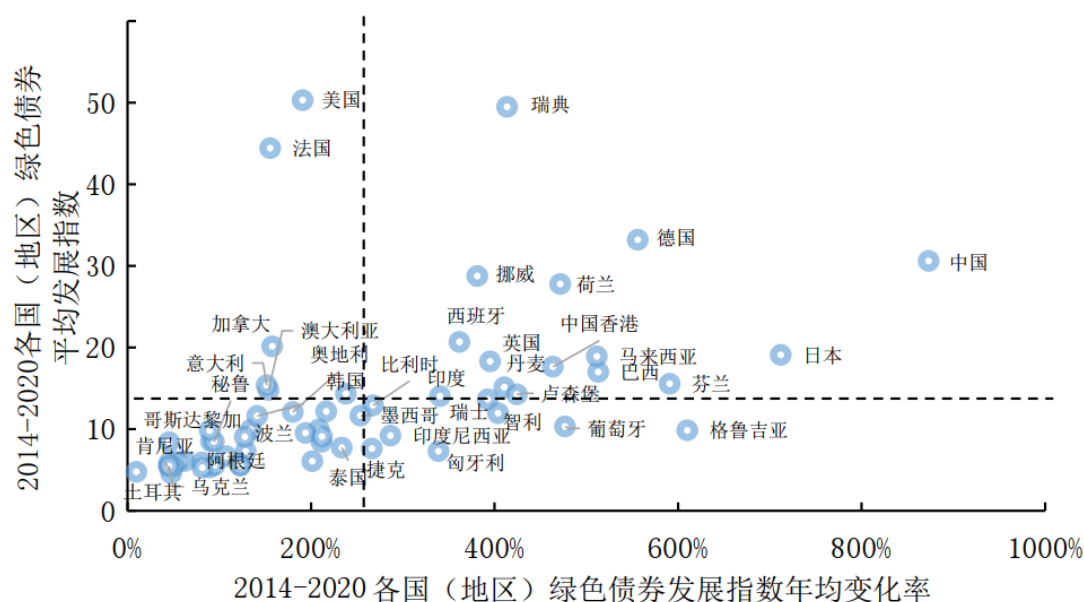


图 1 全球绿色债券发展状况

（四）绿色债券发展聚类结果

为了探讨绿色债券发展过程中各经济体之间存在的相似特性并合理归纳当前全球绿色债券发展的结构性形势，本文对绿色债券发展指数进行了 K-means 聚类分析。由于 K-means 算法要求事先确定将要提取的聚类个数，本文依次计算 1-14 个聚类个数下的组内平方和并绘制折线图^①。利用肘部准则发现，从 1 到 2 个聚类的组内平方和下降趋势最明显，四类之后，组内平方和的下降速度进一步减弱。因此，可以选择的聚类个数为 2 或 4，本文利用这两种聚类方案进行最终的聚类分析。

K-means 聚类结果如图 2 所示。可以看出，基于各经济体的绿色债券发展情况可以明显地聚类出两个或四个类型。对于聚类个数为 2 的情况，根据其绿色债券发展的具体情况与评估结果的具体数值，两类国家或地区可以分别划分为先驱者与后发者。其中，作为绿色债券发展先驱的国家或地区主要包括：美国、法国、瑞典、德国、中国、挪威与荷兰；而剩余国家均隶属于绿色债券发展后发者的类别中。对于聚类个数为 4 的情况，样本国家或地区则划分成四个明确的绿色债券发展程度梯队。结合两类的聚类结果，全球绿色债券发展情况可以划分为 4 个部分的聚类树形结构。在绿色债券发展相对先驱的国家中，美国、法国和瑞典是处于全球第一梯队水平的国家；而德国、中国、挪威和荷兰则隶属于第二梯队国家；对于绿色债券发展的后发群体，隶属于第三梯队和第四梯队的国家或地区数量相近，两个梯队之间的差异也相对较小。

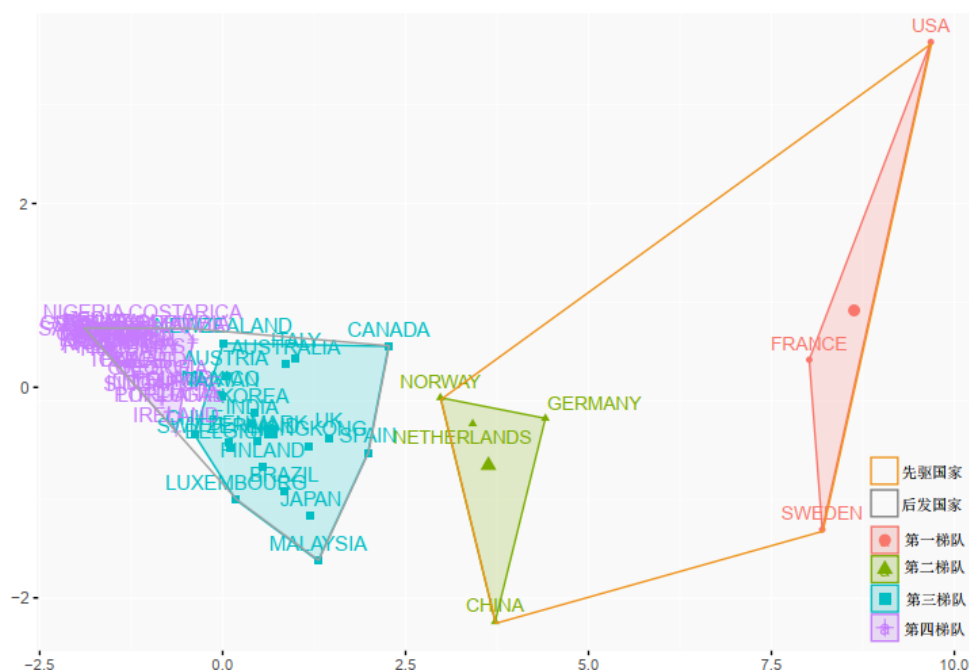


图 2 全球绿色债券发展聚类状况

^① 受限于文章篇幅，此处省略

图3进一步展示了各个聚类类别各年平均绿色债券发展指数情况。可以发现，从全球平均的绿色债券发展程度来看，2014-2020年之间的发展水平逐年稳步上升，也就是说，绿色债券的全球性进步正在以相对稳定的速度持续。而绿色债券发展相对先驱的经济体不仅初始的发展水平高于全球平均，其每年的上升幅度也更加明显。尤其是第一梯队国家，始终保持了整体相对较好的绿色债券发展水平。值得注意的是，第一梯队国家的绿色债券发展在2016年发生了暂时性退步、2020年的增长速度较小，可能的原因是美国特朗普政府上台对气候变化政策的调整与新冠肺炎全球性传播带来的负面影响。观察第三和第四梯队的结果可以发现，样本期内平均绿色债券发展程度的起步水平差、增长幅度小，其绿色债券发展效果不佳，仍处于萌芽阶段。整体而言，先驱国家或地区对国际绿色债券发展做出了更多贡献，并且保持了良好的发展速度，这导致了不同梯队间的绿色债券发展差距正在拉大。

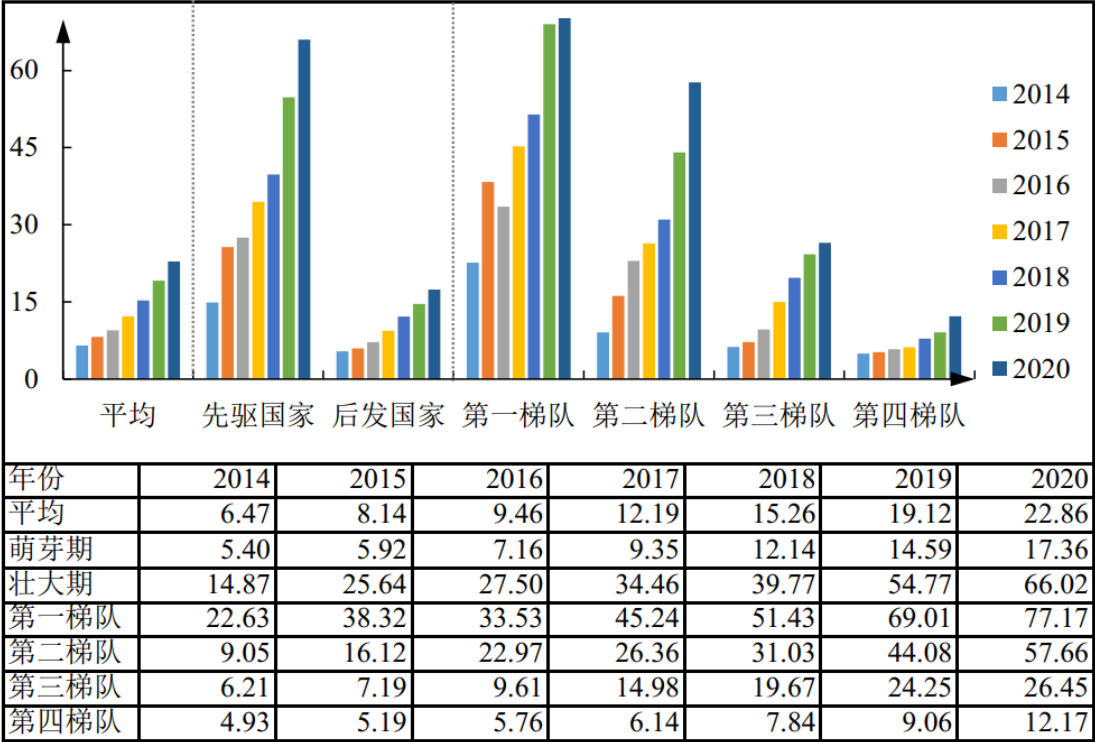


图3 聚类结果描述

四、绿色债券发展影响因素分析

（一）变量说明及模型构建

在充分了解当前全球绿色债券发展状况与聚类特征的基础上，本文进一步探索造成各个国家或地区绿色债券发展水平差异的动因。已有的研究通常认为，一个金融市场的发展往往受到地区经济发展水平、制度状况、银行体系建设等因素的影响（崔光庆和王景武，2006；郑志刚和邓贺斐，2010）。而债券市场

的发展情况则会进一步受到币值稳定性、制度质量等因素的驱动（Smaoui 等，2-17；钟红，2019；叶芳，2020）。将这些变量归类后可以发现，宏观经济状况与制度体系变量往往是决定一国债券市场的关键因素。目前为止，鲜有研究针对性地探讨绿色债券发展的影响因素。少数与之相关的文献中大多分析了绿色债券发展规模的动因，Tolliver 等（2020a）探讨了国家自主的碳减排贡献对绿色债券规模的正面作用，验证了减碳或绿色转型需求驱动绿色债券发展的猜想；Tolliver 等（2020b）进一步发现，气候承诺更为严格的国家或地区更热衷于推动绿色债券融资发展；Tu 等（2020）则指出法律框架、气候变化政策以及利率都是推动绿色债券市场发展的重要工具。因此，除了同样影响传统债券市场发展的因素外，一些与绿色转型需求、低碳行动相关的因素可能同样对绿色债券发展产生影响。

由于缺少直接的参考文献，本文综合上述金融市场发展影响因素、债券市场发展影响因素以及绿色债券规模影响因素三个相关领域的文献成果，引入三类关键变量的潜在影响，即宏观经济基本面变量、金融体系制度变量与绿色低碳转型变量。具体的变量设计见表 2，前两类变量的选择主要基于与债券市场发展相关的研究成果，而绿色转型变量则主要基于绿色债券的本质特征引入。相比于普通债券，绿色债券的独特性主要体现在融资收益仅能用于绿色、低碳和可持续项目。因此，各个经济体向绿色低碳经济转型的压力、需要以及现有的减碳与直接政策举措都有可能对绿色债券发展产生直接影响或溢出作用。基于上述考虑，本文引入的绿色转型变量细分为四个因素，碳排放规模、气候风险程度、碳市场发展水平与绿色债券推动政策情况。

本节使用的数据包括了横截面上 60 个国家或地区，时间跨度则为 2014-2020 年，表 2 同时展示了各变量的描述性统计结果。可以看出，绿色债券成熟度的标准差较大，说明全球绿色债券发展过程中出现了分层现象，这再次验证了上文的发现。而资本管控程度也同样标准差较大，说明全球区域间金融资本发展的不平衡现象较严重。

表 2 变量定义及描述性统计

类别	变量	衡量	符号	Mean	Std. Dev.	Min	Max	数据来源
因变量	绿色债券发展程度	发展指数	GBM	13.54	13.51	1.51	100.00	作者计算
基本 面变 量	经济规模	GDP 取对数	GDP	-1.05	1.64	-5.48	3.06	世界银行 WDI
	经济发展程度	人均 GDP	Develop	9.80	1.10	7.10	11.69	世界银行 WDI
	通货膨胀水平	CPI	CPI	3.17	5.19	-2.09	53.55	世界银行 WDI
金融 制度 变量	资本管控程度	Chinn-Ito 指数	TF	68.13	9.26	43.77	90.20	Heritage 基金会
	金融市场发展水平	金融市场发展指数	FD	0.48	0.26	0.00	0.95	IMF IFS 数据库

绿色 低碳 转型 变量	监管质量	监管质量指数	RQ	0.81	0.82	-1.07	2.26	世界银行 WGI
	法制水平	Rule of law 指标	RL	0.73	0.92	-0.89	2.13	世界银行 WGI
	碳排放	二氧化碳排放量取对数	CO2	5.47	1.16	3.24	9.19	世界银行、BP 能源统计年鉴
	气候风险	截至 2020 年各国（地区）气候风险指数	CR	4.31	0.47	2.90	5.16	Germanwatch
	碳市场发展	碳市场发展分数 ^①	ETS	2.23	1.83	0.00	5.00	ICAP 年度报告、作者计算
	绿债推动政策	绿色债券政策强度 ^②	Policy	0.54	1.12	0.00	8.00	Green finance platform

考虑到驱动绿色债券发展的因素或许存在一定的滞后性特征，而且因变量在一定程度上可能与这些因素存在反向因果的内生性问题。因此，本文将所考虑的自变量均设定为滞后一期水平，从而建立了如下基准多元线性回归模型以验证三方面变量对全球绿色债券发展程度的影响。

$$GBM_{i,t} = \beta_0 + \beta_{1,j}ECON_{i,t-1,j} + \beta_{2,j}INST_{i,t-1,j} + \beta_{3,j}GREEN_{i,t-1,j} + \nu + \varepsilon_{i,t} \tag{1}$$

其中， $GBM_{i,t}$ 为被解释变量，表示第 t 年 i 国或地区的绿色债券发展程度， $ECON$ 、 $INST$ 与 $GREEN$ 分别表示本文引入的基本面、金融制度以及绿色转型三类潜在影响因素，作为该回归的解释变量。因此， i 表示国家或地区， t 表示年度， j 指示三类因素中的具体变量。 ν 为年度虚拟变量用于控制年份差异带来的影响，由于本文引入的气候风险变量为横截面变量，因此没有引入区域虚拟变量控制个体效应， $\varepsilon_{i,t}$ 则为随机误差项。为了进一步缓解内生性的影响，本文利用 GMM 方法对上述模型进行检验，得到的研究结果与下文展示的一般多元线性回归相比基本不变。

（二）绿色债券发展程度动因探索

在进行具体的回归之前，我们对表 2 中涉及的变量进行了相关性分析（见附件）。结果发现，所选的三类共 11 个变量中，大部分变量与因变量绿色债券发展程度相关性较强，同时，各变量之间也存在着显著的相关关系。这样的结果一方面表明了本文选择潜在变量的合理性，同时也暗示这些变量之间可能存在较为严重的多重共线性问题。因此，为了尽可能解决多重共线性问题，本文参考 Smaoui 等（2017）的做法，采用分组回归的方式，对三类变量分别进行回归，最后再给出包含所有变量的回归结果。

^① 本文采用五点计分的方式，将碳市场覆盖全部区域、碳市场覆盖部分区域、形成具体的碳市场建设计划、考虑实施碳市场以及完全不涉及碳市场分别定义为 0-4 分。
^② 本文参考 Levinson（1999）衡量环境规制政策强度的方式，将各国或各地区中央政府或央行已推行的直接绿色债券政策数量作为衡量其当年绿色债券推动政策的强度水平。

表 3 报告了基于公式（1）测算的全球绿色债券发展水平差异的影响因素回归结果。列（1）主要关注绿色债券发展的经济基本面决定因素。可以发现，经济规模与经济发展程度对各经济体的绿色债券发展产生显著为正的影响，而通货膨胀水平的影响系数较小且不显著。这表明较大的、较发达的经济体通常与综合发展程度更佳的绿色债券市场相关，这与前人关于债券市场决定因素的研究结果一致（Eichengreen 和 Luengnaruemitchai，2004）。一般来说，通货膨胀会增加债券发行成本，因此不利于市场发展，回归结果中 CPI 的参数为负也隐含了这一点。但可能因为绿色债券作为新兴的债券市场，物价水平引发的发行成本负担对于最终的市场发展影响微弱，因此最终参数不显著。列（2）回归了金融制度变量对绿色债券发展的作用，资本管控程度、金融市场发展水平、监管质量均 5% 的显著性水平上对因变量产生显著影响。其中，资本管控程度越强，对绿色债券发展的挫伤越大，而更好的金融市场发展水平和监管质量则能够有效推动绿色债券的发展。这一结果中隐含的逻辑是，相对放松的资本管控与更成熟的金融市场能够容纳更多元化的投资者，从而推动债券市场的稳定性和流动性水平的提升，而监管质量的提升则有助于建立更为完善的市场体系，因此最终能够促进形成更为发达的绿色债券市场。列（3）展示了绿色转型变量对绿色债券发展的影响。从理论上讲，碳排放规模更大的国家或地区应当具有更为严峻的低碳转型形势（林伯强和李江龙，2015；李小胜等，2018），气候风险较高的经济体则可能更倾向于积极地解决气候变化问题，二者均会促进绿色债券的发展。碳市场的发展与绿色债券的政策强度则又可能通过影响投资者情绪和直接刺激的方式分别对绿色债券产生正向的溢出效应与推动作用（文凤华等，2014）。但列（3）的结果中，仅有绿色债券的政策强度能够在 5% 以上水平显著地推动绿色债券发展程度的上升，这表明当前应对气候变化和绿色转型的紧迫性并没有一国（地区）绿色债券发展成熟起到显著的正面影响。换言之，绿色债券在解决气候变化和推动低碳转型过程中的作用尚未受到足够的重视，而部分发达国家当前针对碳中和呈现的“重宣传、轻实干”的特点则有可能进一步延缓了绿色债券的发展。

表 3 重列（4）到列（6）展示了将所有潜在影响因素引入回归分析中的结果，同时分别对应了全样本、OECD 与非 OECD 国家两类子样本。基于列（4）的结果可以发现，由于三类变量同时对绿色债券发展程度回归，一些变量的显著性水平与作用效果发生了变化。整体来看，经济规模仍是一国（地区）绿色债券发展水平的重要决定因素，直接的绿色债券政策对市场发展依然起到了明显的刺激作用，而以资本管控程度、监管质量与法规水平为代表的金融制度体系的优化则有助于绿色债券的长足发展。值得注意的是，考虑多类变量后，经济发展程度的作用由显著为正转为显著为负，可能的原因是受到了法规

水平的共线性影响。经济相对发达的国家，往往拥有更为完备的法律体系与较好的治理水平，法规水平对绿色债券发展产生了显著的正面影响，因此冲抵了经济发展程度的作用。考虑到经济发达程度带来的不确定影响，本文基于 OECD 成员国情况划分了两个子样本。OECD 即经济合作与发展组织，目前共 38 个成员国，均拥有较为发达的国民经济水平。对比全样本与子样本的回归结果可以发现，OECD 国家和非 OECD 国家绿色债券发展的驱动变量具有细节上的差异，但同样都会受到三个方面因素的影响。由于整体上社会法律制度完善，对于相对发达的 OECD 国家来说，法制水平的影响并不显著；而非 OECD 国家发展绿色债券则更主要强调法制水平的作用。政策强度对不同样本下的绿色债券发展程度均能产生显著且较深的正面影响，这反映了当前全球绿色债券对针对性政策的依赖程度较高，整体上呈现出明显的政策驱动特征。因此，如何引导绿色债券由政策驱动型转向市场导向型将成为未来一段时间内推动绿色债券发展的全球性挑战。

表 3 绿色债券发展程度影响因素回归结果

解释变量	全样本				OECD 国家	非 OECD 国家
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
GDP	3.081*** (0.77)			1.315** (0.72)	4.848*** (1.38)	0.435 (0.59)
Develop	2.121** (0.86)			-3.067** (1.43)	-1.277 (3.34)	-2.372** (1.05)
CPI	-0.216 (0.12)			-0.036 (0.08)	-0.010 (0.39)	-0.079 (0.07)
TF		-0.663** (0.29)		-0.765*** (0.25)	-1.157*** (0.31)	-0.348 (0.23)
FD		16.680*** (4.71)		7.532 (4.87)	-6.289 (8.99)	4.730 (6.11)
RQ		9.250** (4.58)		11.460*** (3.39)	16.540*** (5.35)	3.914 (2.57)
RL		-0.121 (2.16)		3.343** (1.97)	3.074 (3.57)	4.697** (2.28)
CO2			-0.500 (1.11)	-0.929 (0.99)	-1.146 (1.28)	-0.899 (1.07)
CR			-1.521 (2.17)	0.427 (2.40)	4.805 (4.23)	-0.343 (1.51)
ETS			1.469 (0.48)	-0.768 (0.52)	-0.230 (0.87)	0.606 (0.66)
Policy			5.862*** (1.23)	5.538*** (0.86)	5.641*** (0.86)	4.310*** (0.79)

Constant	-10.520 (8.48)	36.033*** (17.12)	12.029 (8.85)	79.172*** (21.96)	70.671** (31.07)	53.493** (21.20)
年份固定 效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观察值	420	420	420	420	239	181
R-squared	0.405	0.420	0.435	0.599	0.642	0.606

注：括号里的数字为聚类到国家（地区）层面的稳健标准误差；*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平下显著。

（三）绿色债券发展聚类状况动因探索

为探究全球绿色债券发展梯队化形成的引致作用，本文进一步基于方程(1)的回归逻辑用有序 Probit 模型进行补充分析。由于前文中对绿色债券发展的聚类分析中分别探讨了类别个数为 2 和为 4 的两种情况，因此分别做两次二元和有序 Probit 回归。针对类别个数为 2 的情形，本文将绿色债券发展的先驱者与后发者分别以数字 1 和 0 表示；针对类别个数为 4 的情形，由于四个梯队的平均发展水平从高到低，因此可以用 4~1 赋分表示，即 4 表示第一梯队、……、1 表示第四梯队。

结果显示针对聚类个数为 2 和 4 的两次 Probit 回归的模型检验统计量 p 均小于 0.05，回归模型构建有效。表 4 展示了具体的回归结果。首先，从整体上来看，多元回归中显著的变量仍然能够显著地影响全球绿色债券发展的梯队化聚类结果，说明聚类趋势中隐含了各国绿色债券发展的趋同路径。经济发展规模较大、资本管控相对放松、监管质量与法制水平较高的国家，在针对性绿色债券政策推动下，更有可能归属于全球绿色债券发展更为先进的梯队。具体来看，二元 Probit 回归受两类选择的样本数量差距的影响，虽然表现出了一些与多元回归不同的结果，但仍旧表明本文所考虑的三方面因素是一国或地区绿色债券发展先驱程度的重要原因；有序 Probit 回归的结果同样明确了基本面、金融制度与绿色转型环境三方面因素的显著作用，而对应的边际效应结果则体现出不同梯队之间的异质性。某一经济体的资本管控强度在全球平均水平上上升 1 个百分点，则该经济体归属于第一梯队的概率会下降 0.008，而监管质量若提升 1 个百分点，则归属于第一梯队的概率会上升 0.106，其他边际效应结果可以进行类似解读。同多元回归结果一致的是，碳排放规模、气候风险水平以及碳市场建设情况对一国（地区）绿色债券梯队变迁产生的边际效应始终微弱，且存在与预期相反的符号方向，这暗示了全球各国或地区并未受到自身具体低碳转型需要的直接驱动而提升绿色债券所处的梯队水平，由此可以推断，当前全球利用绿色债券响应碳中和进程的整体能力和效果不佳。

表 4 绿色债券发展程度聚类影响因素回归结果

变量	二元 Probit 参数	有序 Probit 参数	有序 Probit 边际效应			
			第一梯队	第二梯队	第三梯队	第四梯队

GDP	6.425**	0.977***	0.043***	0.034***	0.055***	-0.133***
	(2.67)	(0.14)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.02)
Develop	2.797**	-0.419***	-0.019**	-0.015**	-0.024**	0.057**
	(1.43)	(0.19)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.03)
CPI	0.323	0.004	0.000	0.000	0.000	-0.001
	(0.18)	(0.02)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)
TF	-1.260***	-0.175***	-0.008***	-0.006***	-0.010***	0.024***
	(0.22)	(0.03)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)
FD	-20.020***	1.402**	0.062*	0.049*	0.079**	-0.191**
	(6.32)	(0.72)	(0.03)	(0.03)	(0.04)	(0.10)
RQ	15.496***	2.381***	0.106***	0.083***	0.134***	-0.324***
	(5.64)	(0.56)	(0.03)	(0.02)	(0.04)	(0.07)
RL	0.382	1.016***	0.045***	0.036***	0.057***	-0.138***
	(3.06)	(0.32)	(0.02)	(0.01)	(0.02)	(0.04)
CO2	-0.183	-0.203**	-0.009*	-0.007*	-0.011*	0.028*
	(1.01)	(0.10)	(0.00)	(0.00)	(0.01)	(0.01)
CR	9.352***	0.233	0.010	0.008	0.013	-0.032
	(3.32)	(0.21)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.03)
ETS	3.292*	-0.147*	-0.007*	-0.005*	-0.008*	0.020*
	(1.74)	(0.08)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.01)
Policy	1.092***	0.377***	0.017***	0.013***	0.021***	-0.051***
	(0.31)	(0.09)	(0.00)	(0.00)	(0.01)	(0.01)
Constant	-3.674			N/A		
	(22.60)			N/A		
年份固定效应	控制			控制		
观察值	420			420		
R-squared	0.815			0.549		

注：括号里的数字为标准误差；*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平下显著。

五、稳健性检验

本节主要针对上文的实证研究进行稳健性检验，主要结果列于表 5。首先，在上文的多元回归分析中，GMB 指数是取值范围为 0-100 的受限因变量，因此使用 Tobit 模型，在回归过程中限制因变量取值范围进行测算，表 5 列（2）中展示了相应结果，与主回归相比结果基本相同，表明替换回归方法后结果依然稳健。其次，由于本文涉及的样本期间全球绿色债券发展程度的上升速度快、增长幅度大，为了避免绿色债券发展程度的短时间迅速变化可能带来的时间趋势效应，本文将样本年份限制在最近的 2020 年这一单一年份。基于 2020 年的横截面数据进行回归后发现，虽然绿色债券发展驱动因素的效果参数

略有大小上的变化，但没有发生符号方向上的改变，整体上结果仍旧类似于多年份数据的回归结果。因此，本文的回归结果在限定单一年份样本期后仍旧稳健。除此之外，由于主成分分析方法计算的绿色债券发展程度可能受方法本身限制而存在一定精度损失或估算误差，因此本文将测算 GBM 的方法替换为熵权法后重新评估全球各国（地区）绿色债券发展水平并聚类，结果与前文基本一致。随后，利用熵权法测算得到的 GBM 进行多元回归、有序 Probit 回归，结果保持仍能整体稳健。

在上述主要的稳健性检验基础上，我们还对聚类方法进行了替换，将 K-means 算法替换为基于均值距离的层次聚类方法；以及将上文中使用的 Probit 模型替换为 Logit 方法，重新判别影响梯队化聚类结果的关键因素。得到的测算与回归结果与前文均保持一致，很好地验证了本文实证结论的稳健性。

表 5 稳健性检验回归结果

变量	主回归	Tobit	截面回归	熵权法 GBM	
				多元回归	有序 Probit
GDP	1.315** (0.72)	1.316* (0.70)	3.351** (1.65)	7.701* (4.73)	0.267*** (0.08)
Develop	-3.067** (1.43)	-3.072** (1.40)	-9.229** (3.48)	-30.525*** (11.37)	-1.084*** (0.14)
CPI	-0.036 (0.08)	-0.036 (0.24)	0.035 (0.10)	-0.530 (0.53)	0.013 (0.02)
TF	-0.765*** (0.25)	-0.766*** (4.77)	-1.198*** (0.41)	-4.145** (1.70)	-0.034* (0.02)
FD	7.532 (4.87)	7.540*** (3.33)	14.811 (10.08)	77.380** (33.38)	1.631*** (0.50)
RQ	11.460*** (3.39)	11.470*** (1.94)	21.846** (8.89)	65.015*** (23.74)	1.084*** (0.36)
RL	3.343** (1.97)	3.346* (0.97)	7.393 (5.11)	16.170 (16.34)	0.703*** (0.23)
CO2	-0.929 (0.99)	-0.935 (2.36)	-3.623 (2.64)	-6.892 (6.51)	0.130* (0.07)
CR	0.427 (2.40)	0.436 (0.51)	2.612 (5.15)	14.945 (16.49)	0.527*** (0.16)
ETS	-0.768 (0.52)	-0.768 (0.85)	-1.347 (1.16)	-0.814 (4.28)	0.162*** (0.05)
Policy	5.538*** (0.86)	5.543*** (0.85)	5.874*** (1.73)	42.825*** (6.56)	0.376*** (0.08)
Constant	79.172*** (21.96)	79.250*** (21.56)	173.561 (42.26)	482.862 (157.54)	N/A N/A
年份固定效应	控制	控制	N/A	控制	控制

观察值	420	420	60	420	420
R-squared	0.599	0.113	0.606	0.639	0.283

注：括号里的数字为标准误差，在多元回归与 Tobit 模型中则为聚类到国家（地区）层面的稳健标准误差；*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平下显著；受限于篇幅限制，替换聚类方法、替换 Probit 模型进行的稳健性检验部分此处未予展示。

六、研究结论与建议

气候变化的日渐加剧促进了全球性的碳中和行动（谢里和郑新业，2020；Tan 和 Wang，2021；Hao 等，2021）。绿色债券作为公认的能够有效推动碳中和进程的金融工具，正在经历着迅速的发展并且具有可观的增长前景（Wang et al., 2020）。尽管与传统债券相比，绿色债券正处于新生阶段，但它的重要作用已经为各国广泛关注。通过推动发行绿色债券或利用其他绿色金融工具，能够将机构和社会责任投资者的资金吸引到环保和低碳项目中，为碳中和进程补充资金支持（Song 等，2021）。目前，已经有许多研究对绿色债券的市场动态、环保效应与投融资优势等内容进行分析，但欠缺从国家层面对绿色债券发展状况的考察。这使得绿色债券全球性的发展趋势没有得到有效归纳，而且不利于中国了解自身实际的绿色债券发展水平，并且推动绿色债券发展的驱动因素也缺少把握。因此，本文基于全球 60 个经济体 2014-2020 年的发行记录情况，通过构建多维综合指标，有效评估了各国或地区的绿色债券发展程度。在此基础上，本文对绿色债券发展情况进行了聚类归纳并评判了中国绿色债券发展面临的现实境况。从经济基本面、金融机制体制与绿色低碳转型进展三个方面出发，本文还研究了造成各国绿色债券发展差异的动因以及促成绿色债券发展呈现梯队化的影响因素。

本文的结果表明：（1）当前全球绿色债券方兴未艾，基于本文的评估方式，截至 2020 年，美国绿色债券的发展状况最佳，中国绿色债券的发展速度最快，而绝大多数国家的绿色债券体系建设仅仅处于起步阶段且发展缓慢。（2）发展绿色债券的国家能够明显划分为先驱者和后发者，也可以划分为四个明确的绿色债券发展程度梯队，不同梯队间的绿色债券发展差异正在扩大；中国是发展绿色债券的先驱国家，但整体上处于绿色债券发展的第二梯队。（3）通过多元回归分析，经济规模更大、监管质量更好、法制水平更高的国家有可能形成更高的绿色债券发展程度，而较为严格的资本管控机制则可能阻碍绿色债券的发展。（4）OECD 国家和非 OECD 国家的绿色债券发展驱动力不同，但均体现出明显的政策推动特征；同时，对于非 OECD 国家来说，更高的人均 GDP 往往并不意味着具有更好的绿色债券市场。（5）对各国（地区）绿色债券发展程度能够产生显著影响的因素同样能够对全球梯队式的聚类趋势产生影响，表明了各国（地区）在绿色债券发展过程中具有趋同特质。

本文弥补了现有研究不足的同时，为中国深刻把握全球绿色债券发展态势提供了有效参考。当前中

国绿色债券发展大致处于绿色债券发行国的第二梯队，虽然发展速度快，但与美、法、瑞典等国相比仍有一定距离。随着中国碳达峰、碳中和进程的逐步推进与加速，可以预见的是，低碳绿色项目的资金需求也将进一步扩大（林伯强和毛东昕，2014；杨丽莎等，2019）。因此，中国需要有效推动绿色债券的长足发展，努力赶超第一梯队国家，引导绿色债券承担更多的融资支持责任。对于推动绿色债券支撑碳中和进程，本文的研究结果同样形成了直接的政策启示。首先，各国绿色债券发展的政策导向特征指明了利用政策支撑绿色债券发展的必要性。为了推动绿色债券市场发展壮大，提升相关政策的支持力度与针对性成为必然要求。除了利用绿色债券专门化政策（如贴息、对融资方的税收优惠等）进行直接刺激外，鼓励性政策（如绿债发展规划等）亦能发挥推动市场发展的关键作用。其次，资本管控的严苛程度对一国绿色债券发展具有负面作用。基于此，在不违反国家利益的前提下，中国应当有步骤、有计划地放松绿色金融领域的资本限制，推动资本账户的进一步开放，为绿色债券提供良好的投融资环境。第三，监管质量、法制水平等变量的显著作用表明了金融制度环境对市场发展的重要作用。中国应当推动制度环境建设，提升制度质量与法制水平，提高债权人权力保护程度，完善征信体系，为绿色债券长期发展提供土壤。最后，本文研究发现各梯队的绿色债券发展具有趋同特质。因此，绿色债券领域的国际合作与交流应当受到鼓励，通过提升本国债权人和发债方更广泛的绿色金融参与，形成良性循环；同时，政府在制定绿色债券发展目标与政策时可以对标第一梯队国家（刘田田等，2015），并参考利用与之相关的政策与制度，实现“师其长技以自强”。

参考文献

- [1] 巴曙松、丛钰佳和朱伟豪, 2019,《绿色债券理论与中国市场发展分析》,《杭州师范大学学报(社会科学版)》,第01期,第91~106页。
- [2] 崔光庆和王景武, 2006,《中国区域金融差异与政府行为: 理论与经验解释》,《金融研究》,第06期,第79~89页。
- [3] 高晓燕和纪文鹏, 2018,《绿色债券的发行人特性与发行信用利差》,《财经科学》,第11期,第26~36页。
- [4] 高扬和李春雨, 2021,《中国绿色债券市场与金融市场间的风险溢出效应研究》,《金融论坛》,第01期,第59~69页。
- [5] 黄薇和任若恩, 2010,《基于分层K-means聚类的事实汇率制度分类研究》,《世界经济》,第10期,第57~78页。
- [6] 金佳宇和韩立岩, 2016,《国际绿色债券的发展趋势与风险特征》,《国际金融研究》,第11期,第36~44页。
- [7] 李军、张大永、姬强和范英, 2021,《中国家庭消费隐含污染排放的环境恩格尔曲线》,《中国人口·资源与环境》,第7期,第75~90页。
- [8] 李小胜、胡正陶、张娜和宋马林, 2018,《“十二五”时期中国碳排放全要素生产率及其影响因素研究》,《南开经济研究》,第5期,第76~94页。
- [9] 李永坤和朱晋, 2017,《我国绿色债券市场发展现状及对策研究》,《现代管理科学》,第09期,第58~60页。
- [10] 林伯强和李江龙, 2015,《环境治理约束下的中国能源结构转变——基于煤炭和二氧化碳峰值的分析》,《中国社会科学》,第9期,第84~107页。
- [11] 林伯强和毛东昕, 2014,《中国碳排放强度下降的阶段性特征研究》,《金融研究》,第8期,第101~117页。
- [12] 刘田田、王群伟和许孙玉, 2015,《碳标签制度的国际比较及对中国的启示》,《中国人口·资源与环境》,第S1期: 第599~601页。
- [13] 马骏、程琳和谢文泓, 2018,《中国在绿色金融领域的全球影响力》,《清华金融评论》,第12期,第56~58页。
- [14] 马亚明、胡春阳和刘鑫龙, 2020,《发行绿色债券与提升企业价值——基于DID模型的中介效应检验》,《金融论坛》,第09期,第29~39页。
- [15] 沈小波、陈语和林伯强, 2021,《技术进步和产业结构扭曲对中国能源强度的影响》,《经济研究》,第02期,第157~173页。
- [16] 文凤华、肖金利、黄创霞、陈晓红和杨晓光, 2014,《投资者情绪特征对股票价格行为的影响研究》,《管理科学学报》,第3期: 第60~69页。
- [17] 谢里、郑新业, 2020,《理性预期与能源投资——基于中国碳减排承诺的自然实验》,《金融研究》,第5期,第151~169页。
- [18] 杨莉莎、朱俊鹏和贾智杰, 2019,《中国碳减排实现的影响因素和当前挑战——基于技术进步的视角》,《经济研究》,第11期,第118~132页。
- [19] 叶芳, 2020,《亚洲新兴本币债券市场发展的影响因素分析——基于东亚地区九个经济体的经验证据》,《亚太经济》,第06期,第22~31页。
- [20] 郑志刚和邓贺斐, 2010,《法律环境差异和区域金融发展——金融发展决定因素基于我国省级面板数据的考察》,《管理世界》,第06期,第14~27页。
- [21] 钟红, 2019,《论本币计价国际债券市场发展的影响因素——基于国别以及分部门视角的实证研究》,《国际金融研究》,第11期,第77~85页。
- [22] 周新苗、唐绍祥和刘慧宏, 2020,《中国绿色债券市场的分割效应及政策选择研究》,《中国软科学》,第11期,第42~51页。
- [23] Broadstock and Cheng, 2019, “Time-varying relation between black and green bond price benchmarks: Macroeconomic determinants for the first decade”, Finance research letters, 29: 17~22.
- [24] Chevallier, Goutte, Ji, and Guesmi, K, 2021, “Green finance and the restructuring of the oil-gas-coal business model under carbon asset stranding constraints”, Energy Policy, 149: 112055.
- [25] Ehlers and Packer, 2017, “Green bond finance and certification”, BIS Quarterly Review September..
- [26] Eichengreen and Luengnaruemitchai, 2004, “Why doesn't Asia have bigger bond markets?”, working paper.

- [27] Flammer, 2021, “Corporate green bonds.”, *Journal of Financial Economics*.
- [28] Gianfrate and Peri, 2019, “The green advantage: Exploring the convenience of issuing green bonds”, *Journal of cleaner production*, 219, : 127~135.
- [29] Huynh, Hille, and Nasir, 2020, “Diversification in the age of the 4th industrial revolution: The role of artificial intelligence, green bonds and cryptocurrencies”, *Technological Forecasting and Social Change*, 159: 120188.
- [30] Le, Abakah, and Tiwari, 2021, “Time and frequency domain connectedness and spill-over among fintech, green bonds and cryptocurrencies in the age of the fourth industrial revolution”, *Technological Forecasting and Social Change*, 162: 120382.
- [31] Levinson, 1999, “State taxes and interstate hazardous waste shipments”, *American Economic Review*, 89 (3): 666~677.
- [32] Pham and Huynh, 2020, “How does investor attention influence the green bond market?”, *Finance Research Letters*, 35: 101533.
- [33] Pham, 2016, “Is it risky to go green? A volatility analysis of the green bond market”, *Journal of Sustainable Finance and Investment*, 64: 263~291.
- [34] Reboredo, 2018, “Green bond and financial markets: Co-movement, diversification and price spillover effects”, *Energy Economics*, 74: 38~50.
- [35] Reboredo, Ugolini, and Aiube, 2020, “Network connectedness of green bonds and asset classes”, *Energy Economics*, 86: 104629
- [36] Smaoui, Grandes and Akindele, 2017, “The determinants of bond market development: Further evidence from emerging and developed countries”, *Emerging Markets Review*, 32: 148~167.
- [37] Song, Xie, and Shen, 2021, “Impact of green credit on high-efficiency utilization of energy in China considering environmental constraints”, *Energy Policy*, 153: 112267.
- [38] Tang and Zhang, 2020, “Do shareholders benefit from green bonds?”, *Journal of Corporate Finance*, 61: 101427.
- [39] Tolliver, Keeley and Managi, 2020, “Drivers of green bond market growth: The importance of Nationally Determined Contributions to the Paris Agreement and implications for sustainability”, *Journal of cleaner production*, 244: 118643
- [40] Tolliver, Keeley and Managi, 2020, “Policy targets behind green bonds for renewable energy: Do climate commitments matter?”, *Technological Forecasting and Social Change*, 157: 120051.
- [41] Tu, Rasoulinezhad, and Sarker, 2020, “Investigating solutions for the development of a green bond market: Evidence from analytic hierarchy process”, *Finance Research Letters*, 34: 101457
- [42] Wang, Chen, Li, Yu, and Zhong, 2020, “The market reaction to green bond issuance: Evidence from China” *Pacific-Basin Finance Journal*, 60: 101294
- [43] Zerbib, 2019, “The effect of pro-environmental preferences on bond prices: Evidence from green bonds”, *Journal of Banking and Finance*, 98, 39~60.

An International Comparison of China's Green Bond Development: Evaluation, Clustering and Determinants Exploration

LIN Boqiang SU tong

(China Energy Policy Research Institute, School of Management, Xiamen University)

Abstract: As a targeted financing channel for green and low-carbon projects, green bonds have developed rapidly around the world, but there are some different specific conditions for each country. To obtain an in-depth understanding of the global green bonds' development, we applied the green bond issuance record data of 60 countries or regions from 2014 to 2020 to conduct comprehensive empirical research. Specifically, we conducted a systematic assessment of the development of the green bond in various countries, outlined their similarity characteristics through cluster analysis, and explored the rationales for the global differences in the development of green bonds. The results show that the different economies display different levels and speeds in developing green bonds. Three categories of determinants could affect the development level of green bonds in a country (area), namely macroeconomic fundamentals, financial system, and low-carbon transition environment. Regarding specific determinants, the intensity of targeted green bond promotion policies is the most critical driving force for the development of green bonds. This paper provides some targeted policy recommendations for China, in the field of capturing the development tendency of global green bonds, optimizing the development path of green bonds, and promoting green bonds to support the carbon-neutral actions.

Keywords: Green Bonds, Carbon Neutral, Financial Market Development, Policy Support

附录 1 绿色债券发展样本国家（地区）

OECD 国家	韩国	日本	英国	哥伦比亚	乌克兰
	爱尔兰	荷兰	瑞典	智利	哥斯达黎加
奥地利	加拿大	瑞士	非 OECD 国家	格鲁吉亚	印度
澳大利亚	捷克	斯洛文尼亚		哈萨克斯坦	印度尼西亚
比利时	拉脱维亚	泰国	阿联酋	卡塔尔	赞比亚
冰岛	立陶宛	土耳其	埃及	肯尼亚	中国
波兰	卢森堡	西班牙	巴拿马	罗马尼亚	中国香港
丹麦	美国	希腊	巴西	马来西亚	
德国	墨西哥	新西兰	俄罗斯	秘鲁	
法国	挪威	匈牙利	菲律宾	纳米比亚	
芬兰	葡萄牙	意大利	斐济	沙特阿拉伯	

附录 2 引致作用变量相关性分析

	GBM	GDP	Develop	CPI	TF	FD	RQ	RL	CO2	CR	ETS	Policy
GBM	1											
GDP	0.436 (0.00)	1										
Develop	0.318 (0.00)	0.280 (0.00)	1									
CPI	-0.162 (0.00)	-0.068 (0.17)	-0.419 (0.00)	1								
TF	0.208 (0.00)	0.050 (0.31)	0.686 (0.00)	-0.451 (0.00)	1							
FD	0.437 (0.00)	0.699 (0.00)	0.657 (0.00)	-0.312 (0.00)	0.431 (0.00)	1						
RQ	0.336 (0.00)	0.160 (0.00)	0.828 (0.00)	-0.488 (0.00)	0.892 (0.00)	0.559 (0.00)	1					
RL	0.352	0.159	0.851	-0.446	0.787	0.592	0.937	1				

	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)					
CO2	0.177	0.456	-0.133	0.066	-0.268	0.129	-0.271	-0.197	1			
	(0.00)	(0.00)	(0.01)	(0.18)	(0.00)	(0.01)	(0.00)	(0.00)				
CR	-0.108	-0.278	0.251	0.093	0.235	-0.075	0.177	0.191	-0.183	1		
	(0.03)	(0.00)	(0.00)	(0.06)	(0.00)	(0.13)	(0.00)	(0.00)	(0.00)			
ETS	0.278	0.198	0.576	-0.339	0.274	0.326	0.538	0.581	-0.097	0.007	1	
	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.05)	(0.88)		
Policy	0.591	0.385	0.116	-0.079	0.032	0.190	0.036	0.049	0.465	-0.133	0.150	1
	(0.00)	(0.00)	(0.02)	(0.11)	(0.51)	(0.00)	(0.46)	(0.31)	(0.00)	(0.01)	(0.00)	