E-Commerce Letters 电子商务评论, 2025, 14(1), 233-240
Published Online January 2025 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ecl
https://doi.org/10.12677/ecl.2025.141030

Hans汉斯

传统债券市场与绿色债券市场收益率的波动性研究

——基于GARCH族模型的实证分析

施琳琰

贵州大学经济学院，贵州 贵阳

收稿日期：2024年9月20日；录用日期：2024年10月17日；发布日期：2025年1月2日

摘 要

本文以绿色债券和传统债券市场收益率的波动性为研究主题，首先通过构建GARCH模型来度量债券收益率的波动性，其次通过DCC-GARCH模型来研究分析传统债券市场收益率波动性与绿色债券市场收益率波动性之间的联动关系，结果发现两者之间存在正向相关关系。政府等决策部门在制定政策时应关注传统债券市场与绿色债券市场间的联动关系，以促进市场的稳定和健康发展。推动绿色债券市场的信息披露透明化，有助于投资者更好地理解两类市场的风险和收益波动性。投资者应密切关注影响两类市场的宏观经济和市场因素，以便在波动性增加时迅速调整投资组合。

关键词

绿色债券收益率波动性，GARCH，DCC-GARCH

Volatility Research of Yields in Traditional Bond Market and Green Bond Market

—An Empirical Analysis Based on GARCH Family Model

Linyan Shi

School of Economics, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Sep. 20th, 2024; accepted: Oct. 17th, 2024; published: Jan. 2nd, 2025

Abstract

This paper takes the volatility of green bond and traditional bond market as the research theme.

文章引用: 施琳琰. 传统债券市场与绿色债券市场收益率的波动性研究[J]. 电子商务评论, 2025, 14(1): 233-240.
DOI: 10.12677/ecl.2025.141030

Firstly, GARCH model is constructed to measure the volatility of bond yield. Secondly, DCC-GARCH model is used to study and analyze the linkage relationship between the volatility of traditional bond market and the volatility of green bond market. The results show that there is a positive correlation between the two. The government and other decision-making departments should pay attention to the linkage between the traditional bond market and the green bond market when formulating policies, so as to promote the stable and healthy development of the market. Promoting transparency in the green bond market will help investors better understand the risk and return volatility of both markets. Investors should pay close attention to macroeconomic and market factors affecting both types of markets so that they can quickly adjust their portfolios when volatility increases.

Keywords

Volatility of Green Bond Yields, GARCH, DCC-GARCH

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

绿色金融是指在金融活动中，将环境因素、可持续发展和社会责任考虑作为核心，以促进环境保护和低碳经济为目标的金融实践。它涉及了整个金融系统，包括银行、保险公司、资本市场和投资者。绿色债券是绿色金融中重要的一环，筹集资金用于可持续和环境友好项目。绿色债券的特点是募集的资金专门用于支持具有环境益处的项目，并进行透明的报告和跟踪。在政府相关产业政策的指引和推动下，近几年我国绿色金融市场得到了有效的发展。2016 年中国绿色债券在境内外发行总量已经超过了 300 亿美元，从规模上来看已然是世界上最大的绿色债券市场。2021 年 9 月，绿色债券标准委员会发布《绿色债券评估认证机构市场化评议操作细则(试行)》及配套文件，对绿色债券评估认证机构提出具体化要求，该文件的落地有助于提高认证质量评估标准的精准性，促进绿色债券市场的高效发展。2022 年 7 月，《中国绿色债券原则》正式发布，对落实国家绿色金融发展战略，推动债券市场高质量发展具有重要意义。绿色债券作为主要的金融工具为经济体系的健康发展提供了强大的动力。

绿色金融市场与传统债券市场之间存在着复杂且多层次的联动关系。一是资金流动方面，随着投资者对环境、社会和治理(ESG)因素的重视增加，资金从传统债券市场流入绿色债券市场，改变整体的资金流动和利率水平。绿色债券通常由于其环境效益而享有更低的风险溢价，这可以对传统债券市场的定价产生影响。二是政策和监管方面，政府和监管机构推出支持绿色金融的政策(如税收优惠、补贴等)会影响传统债券市场的吸引力和结构。对发行绿色债券的合规要求可以推动传统债券市场发行人的行为向更环保和可持续的方向转变。三是市场发展与创新，债券市场的发展有助于增加整个债券市场的深度和流动性，从而提高市场效率。同时，绿色金融推动了金融产品和服务的创新，这些创新也可能被传统债券市场所采纳和借鉴。

总之，绿色债券的快速发展吸引了大量投资者的目光，同时绿色金融市场与传统债券市场之间的联动关系体现在资金流动、政策影响、市场创新等多个方面。因此，实证研究绿色债券市场与传统金融市场波动性，并且对其联动性关系作出进一步刻画，可以促进整个金融市场的可持续发展和稳定性。在此基础上，政策制定当局和企业可以采取一系列措施，有针对性地最大化避免债券市场波动带来的潜在影

响；投资者可以通过理性投资来保护自身的利益；监管当局也可以建立适宜绿色债券市场发展现状的监管标准和规范。

2. 文献综述

由于我国绿色债券市场起步晚，研究相对较少，学者们较早从国际绿色债券市场发展中吸取经验[1]，巴曙松等探讨绿色债券在中国市场发展的原因及前景[2]，逐步考虑影响我国绿色债券发行定价的因素[3]、绿色债券发行的金融政策有效性[4]及绿色溢价问题[5]。此外相关经济政策变化也会对绿色发展产生影响。一方面，经济政策变化对涉及环保类企业的影响。认为经济政策变化会抑制企业环保投资[6]；另一方面，经济政策变化对自然环境的影响。韩颖和齐小源[7]通过对我国西部区域的经济政策不确定性和空气污染之间的关系进行了实证分析，结果显示，经济政策不确定会使地区雾霾污染更加严重。

关于绿色债券波动性的研究。徐箫和李勇[8]得出我国绿色债券市场与传统债券市场一方面在收益率的均值和波动性上存在相互的溢出效应，另一方面在收益率的相关性上则体现出不断下降的特征。Linh 和 Toan [9]首次实证研究投资者关注度与绿色债券市场表现之间关系，发现投资者的注意力会影响绿色债券的收益和波动，但是这种关系是时变的。姜姗姗[10]分析了经济政策不确定性对绿色债券市场的混频溢出效应，提出经济政策不确定性指数的绝对变化量和波动率越大，绿色债券市场长期收益率波动越剧烈，所以说经济政策不确定性是绿色债券市场波动的重要驱动因子。

最后，在绿色债券市场与传统金融市场的关系方面，Reboredo [11]研究了绿色债券和传统金融市场之间的联动性，其中传统金融市场选取研究发现绿色债券市场与四个市场——公司债券市场、政府债券市场、股票市场和能源商品市场存在联动关系，但是效果较弱。Britta 和 Dirk [12]研究绿色债券与非绿色债券的利差及其影响因素，结果发现绿色债券在各个时期的收紧幅度都较小，并且发行规模、期限和货币供应量对利差的影响不显著，但是行业属性和评级水平对价格差异的影响较大。

综上所述，本文在现有研究的基础上，不仅通过构建一元的波动模型，而且尝试运用多元的波动模型来分析我国传统债券市场与绿色债券市场收益率的波动性，并进一步刻画两者之间的联动关系，可以丰富现有的实证研究。

3. 理论分析

本文通过量化传统债券市场收益率和绿色债券市场收益率的波动性，来探究传统债券市场波动性和绿色债券市场波动性之间的相关关系。

绿色债券市场和传统债券市场同属于债券市场，作为我国金融市场的子市场，其宏观环境和市场制度均高度相似，国内外学者的大量研究表明传统债券市场和绿色债券市场收益率、流动性和波动性呈现出联动特征。基于此，本文从行为金融理论和投资组合理论两个角度对绿色债券市场与传统债券市场之间的联动关系进行理论分析。

其一，从行为金融的角度。金融市场的理性投资者的目标是规避风险和利益最大化。但是市场中的投资参与者通常不是完全理性的，投资者会被一些客观或主观的因素影响到自己的判断和决策，例如从众心理，投资者在决策时，往往会盲目跟随其他投资者，做出非理性行为干扰债券市场的正常运行，最终引起债券波动性的增强。由于“羊群效应”的存在，会使证券市场的非理性效应进一步放大，进而导致债券市场出现大幅波动。此外，“绿色激励”也在这种影响中发挥着举足轻重的作用，随着国家对绿色金融市场的建设越来越看重，投资者很可能会意识到投资于绿色债券不仅是谋求长远利益的金融工具，还有利于改善环境质量，而由于市场信息不完全和投资者并不完全理性，投资者会趋利进入绿色债券市场，在非理性人及羊群效应的作用下，会造成包括绿色债券在内的投资产品价格的快速上涨，同时大量

资金也会涌入绿色债券市场。相反如果绿色债券市场低迷，那么其发展也会相对停滞。

其二，从投资组合理论的角度。相较于传统债券市场，绿色债券市场对于投资者具有“绿色激励”。在政策的支持下，绿色债券通常具有较高的整体评级。根据现代证券投资组合理论，超额收益率是对风险的补偿，绿色债券所具备的绿色激励、政策支持和较高信用评级使得相对于传统债券而言，绿色债券具有不同的风险特征。因此，处于不同程度的风险收益承担水平的投资者选择的投资策略也大相径庭，其一方面可以归因于投资者的风险偏好，另一方面也和绿色债券市场与传统债券市场之间的关联效应有关。投资者的资金在绿色债券市场与传统债券市场之间流动时，会影响市场的收益率，此时便会产生跨市场的关联效应。所以，从传统债券视角来研究其对绿色债券收益率波动性的影响，是具有理论依据的。

4. 研究设计

4.1. 计量模型的构建

1) GARCH 模型的构建

度量波动率的模型主要有历史波动率、隐含波动率、ARCH 模型等，相较于这些模型，GARCH 模型更适合债券收益率的度量。具体来看，历史波动率只基于过去的简单均值，无法捕捉波动率的动态变化，而 GARCH 模型可以根据市场实时数据进行波动性预测；隐含波动率通常通过期权价格推导得出，但债券市场中期权交易并不如股票市场那样活跃，导致隐含波动率在债券市场应用受限。而 GARCH 模型则能直接基于债券收益率时间序列进行建模；ARCH 模型只能基于过去的单期信息进行波动性预测，容易在面对复杂市场情况时显得不足，而 GARCH 模型通过引入滞后项，能够更好地捕捉长期波动趋势。综合以上因素，本文使用 GARCH 模型来刻画债券收益率的波动性。模型构建如下：

q 阶自回归条件异方差 ARCH(q)模型，其定义由均值方程和条件方差方程给出：若 ε_t~ARCH(q)，则表示成：

$$y_t = X_t'\beta + \varepsilon_t,\ t = 1,2,\cdots,T \tag{1}$$

$$\varepsilon_t = \sigma_t \nu_t \tag{2}$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{q} \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 = \alpha_0 + \alpha(B)\varepsilon_t^2 \tag{3}$$

其中 $\alpha_0 > 0$，$\alpha_i \geq 0$，$i = 1,2,\cdots,q$，并假设 $\{\nu_t\}$ 独立同分布，$E(\nu_t) = 0$，$D(\nu_t) = 1$；并且对于所有的 t，$\{\nu_t\}$ 与 $\{\varepsilon_t\}$ 相互独立。$\alpha(B)$ 为滞后算子多项式且 $\alpha(B) = \alpha_1 B + \alpha_2 B^2 + \cdots + \alpha_q B^q$，$\sigma_t^2$ 为条件方差。

GARCH(p, q)模型的一般形式为：

$$\varepsilon_t = \sigma_t \nu_t \tag{4}$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha(B)\varepsilon_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{q} \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^{p} \beta_t \sigma_{t-i}^2 \tag{5}$$

其中 $p \geq 0$，$q \geq 0$，$\alpha_0 > 0$，$\alpha_i \geq 0$，$i = 1,2,\cdots,q$，$\beta_i \geq 0 (i = 1,2,\cdots,q)$；$\beta(B)$ 为滞后算子多项式且 $\beta(B) = \beta_1 B + \alpha_2 B^2 + \cdots + \beta_p B^p$。当 $p = 0$ 时 ε_t~ARCH(q)，可以看出 GARCH(p, q)模型具有 ARCH(q)模型的特点，能够模拟价格波动的集聚性现象，两者的区别在于 GARCH(p, q)模型的条件方差不仅是滞后扰动平方的线性函数，而且是滞后条件方差的线性函数。

构建 ARCH 模型和 GARCH 模型，需要检验 ARCH 效应，即验证波动聚集的特征。依据 Ljung-Box 检验，当统计量 Q(m)大于临界值或 P 值小于显著性水平 α 时，我们可以拒绝原假设，认为存在 ARCH 效应。滞后阶数的选择可以根据信息准则来判断，即当 AIC 取最小值时其对应的阶数是最优的。ARCH 模

型和 GARCH 模型的好处在于可以体现波动聚集的现象以及金融收益“厚尾”的特征。

2) DCC-GARCH 模型的构建

Robert F. Engle (2002)在 GARCH 族模型基础上延展出 DCC-GARCH 模型，加入动态条件相关的定义，该模型的主要思想在于对序列之间的相关性赋予了时变特征。金融时间序列之间的相关关系往往不是静态的，而是不断变化中的，因此这种假设更符合实际情况，具有经济意义。在研究金融市场波动的关联性上，DCC-GARCH 模型的使用最为广泛。将多变量之间联动系数的时变因素考虑在内，得到的模型表达式如下：

$$r_t \left| \phi_{t-1} \sim N\left(0, D_t R_t D_t\right) \right. \tag{6}$$

$$D_t^2 = diag\left\{w_i\right\} D_{t-1}^2,\ \varepsilon_t = D_t^{-1} r_t,$$

$$Q_t = S\left(\mu' - A - B\right) + A\varepsilon_{t-1}\varepsilon_{t-1}' + BQ_{t-1},$$

$$R_t = diag\left\{Q_t^*\right\}^{-1} Q_t diag\left\{Q_t^*\right\}^{-1} \tag{7}$$

其中，r_t 表示均值为 0 的收益序列，ϕ_{t-1} 表示 $t-1$ 时期所有可能得到的信息集，D_t^2 表示为对角矩阵对角线元素，S 表示标准化残差的无条件协方差矩阵，R_t 表示条件相关系数矩阵，Q_t 表示标准化残差的条件协方差矩阵，Q_t^* 为对角矩阵，对角元素是 Q_t 对角元素的平方根。

4.2. 指标的选取与测算

采用 2010 年 1 月至 2023 年 5 月的中证绿色债券指数(下文用 GBI 表示)的收盘价数据。计算其对数收益率：

$$r_t = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}} \times 100 \tag{8}$$

据上式，可以得出其描述性统计和样本密度函数，结果显示绿色债券指数收益率的密度函数图呈现出了左偏和接近正态分布的特征。此外，t 检验的 P 值接近 0，表明拒绝绿色债券指数收益率均值为零的原假设，而 Jarque-Bera 正态性检验的 P 值为 0.191928，则表明无法拒绝绿色债券收益率服从正态分布的原假设。

传统债券市场数据指标选用中债综合指数代表(下文用 CBI 表示)。中债综合指数收盘价的对数收益率的计算同中债绿色债券指数收益率的计算。

5. 实证结果分析

5.1. GARCH 模型的实证结果

GARCH 模型要求所选取的时间序列是平稳的，所以只有通过平稳性检验才能进行下一步的模型估计。因此在这里对绿色债券市场的收益率序列和经济政策不确定性指数序列进行平稳性检验。采用 ADF 检验，检验结果见表 1：

Table 1. Stationarity test
表 1. 平稳性检验

	t-Statistic	P 值
ADF 检验值	−10.12107	0.0000

从表 1 可以看出，中债－中国绿色债券指数的收益率在 1%的置信水平下拒绝原假设，是平稳的时间序列。

接着对收益率序列建立一个 ARMA 模型，随后对其进行 ARCH 效应检验，检验结果显示存在 ARCH 效应，因此可进一步建立 GARCH 模型，来对绿色债券指数的收益率的波动性进行刻画。

在金融时间序列中，一般使用 GARCH(1, 1)模型，故本文采用 GARCH(1, 1)模型来进行拟合。得到的波动率模型如下：

$$\sigma_t^2 = 0.0000000638 + 0.0276a_{t-1}^2 + 0.9651\sigma_{t-1}^2 \tag{9}$$

接着计算该 GARCH 模型的条件方差，得到绿色债券指数收益率的波动值。

5.2. DCC-GARCH 模型的实证结果

1) 平稳性和 ARCH 效应检验

首先对中债综合指数对数收益率 CBI(R_t)和中债绿色债券指数对数收益率 GBI(R_t)进行平稳性检验和 ARCH 效应检验，如表 2 所示：

Table 2. Test of stationarity and ARCH effect
表 2. 平稳性和 ARCH 效应检验

变量	ADF (P 值)	ARCH-LM
CBI(R_t)	0.000	4.2966251
GBI(R_t)	0.000	3.822985

在 5%显著性水平下，所有收益率序列都通过了单位根检验，说明收益率序列平稳；ARCH-LM 检验表明该残差中存在 ARCH 效应，可以建立 DCC-GARCH 模型进行分析。

2) DCC-GARCH(1, 1)模型分析

首先分别对两组收益率数据进行 GARCH(1, 1)模型估计，结果如表 3 所示，所有参数都在 10%显著性水平下通过检验，$\alpha + \beta < 1$ 表明模型回归结果稳健。

Table 3. GARCH(1, 1)
表 3. GARCH(1, 1)

变量	α	β
CBI(R_t)	0.161356	0.738698
GBI(R_t)	0.122324	0.782408

接着，对收益率序列建立 DCC-GARCH(1, 1)模型，分析动态相关性及溢出效应。估计结果见表 4：

Table 4. DCC-GARCH(1, 1)
表 4. DCC-GARCH(1, 1)

	相关系数	P 值
Thera(1)	0.036443	0.0000
Thera(2)	0.900076	0.0000

Thera(1)表示前期标准化残差对当期动态相关系数的影响，可以用来衡量相关性的强弱。Thera(2)表示前期动态相关系数对当期动态相关系数的影响，可以用来衡量相关性的波动。Thera(1) + Thera(2)的值与 1 值越接近，表示动态相关性越强。CBI(R_t)和 GBI(R_t)序列 Thera(1) + Thera(2)值达 0.936519，存在明显动态相关，且相关关系波动性较强。

表 5 为 DCC-GARCH 模型的动态相关系数描述性统计表，从中可知，CBI 和 GBI 序列动态相关系数平均值为 0.800769，相关关系显著，两个市场一直保持正相关，说明二者收益率波动之间存在正向传导作用。最大值和最小值分别为 0.803140 和 0.676289，偏度值等于−0.940493，为左偏，峰度为 3.61352，大于临界值 3，JB 统计值为 26.08074，明显拒绝正态分布，显示出尖峰厚尾的特征。

Table 5. Descriptive statistics
表 5. 描述性统计值

变量	值	变量	值
Mean	0.800769	Std.Dev.	0.038144
Median	0.803140	Skewness	−0.90493
Maximum	0.856905	Kurtosis	3.631352
Minimum	0.676289	Jarque-Bera	26.08074

6. 研究结论与政策建议

本文分析了绿色债券收益率波动性和传统债券收益率波动性的联动关系。首先利用 GARCH 模型分别度量绿色债券和传统债券收益的波动性，接着利用 DCC-GARCH 模型分析了传统债券市场和绿色债券市场之间的相关关系，结果显示二者收益率波动之间存在正向传导作用，且相关关系波动性较强。即绿色债券与传统市场债券收益率的波动性呈显著的同方向变动。这种正相关关系表明绿色债券和传统债券的收益波动性受到相似的宏观经济和市场因素影响，如利率变动、通货膨胀、经济增长预期等。市场情绪和整体风险偏好对两类债券的影响较为一致。此外，正相关关系可能表明绿色债券市场与传统债券市场之间存在较高的整合程度，投资者在这两类市场之间进行跨市场交易，导致两者收益波动性的同步变化。该研究发现对金融市场的参与者具有实际的意义，具体如下：首先，从市场风险管理角度来看，投资者和机构可以在风险管理中考虑传统债券市场和绿色债券市场的收益率波动性之间的联动性，减少不必要的风险暴露。其次，对于追求投资组合多样化的投资者来说，正向相关意味着绿色债券和传统债券在收益波动性方面的相似性较高。因此，投资者需要通过其他资产类别来进一步分散风险，而不能仅依赖绿色债券和传统债券之间的差异来实现多样化。第三，这一研究结果可以为政策制定者提供参考，政府和监管机构在制定政策时应考虑如何缓解绿色债券市场受到传统市场波动的影响，以保持绿色金融市场的稳定性。最后，该结论能够推动关于绿色债券市场的研究，这种正向相关关系可能表明绿色债券市场逐渐与传统市场接轨，走向成熟。随着绿色债券市场的发展，收益率波动与传统市场的联动性加强，显示出其在金融市场中吸引投资者的能力也得到了增强。最后，从行为金融学角度来看，正向相关性反映了投资者在面对市场波动时的行为相似性。投资者在处理绿色债券和传统债券时的策略可能相似，这有助于理解投资者对绿色金融产品的接受度和反应模式。总体而言，这一发现为绿色金融市场的进一步研究、政策制定和投资策略的制定提供了重要的参考依据。

针对上述结论，提出以下对策建议：投资者需要认识到绿色债券并不能完全独立于传统债券市场的风险。在进行投资组合构建时，采取多元化投资策略，以分散风险，应密切关注影响两类市场的宏观经

济和市场因素，以便在波动性增加时迅速调整投资组合；发行人应考虑到市场波动性的一致性，在选择融资工具和时机时进行更为全面的市场分析和风险评估；监管机构应关注绿色债券市场与传统债券市场的联动性，在制定政策时考虑到两者的相互影响，以促进市场的稳定和健康发展。推动绿色债券市场的信息披露透明化，有助于投资者更好地理解两类市场的风险和收益波动性。

参考文献

[1] 万志宏, 曾刚. 国际绿色债券市场: 现状、经验与启示[J]. 金融论坛, 2016(2): 39-45.

[2] 巴曙松, 丛钰佳, 朱伟豪. 绿色债券理论与中国市场发展分析[J]. 杭州师范大学学报(社会科学版), 2019(1): 91-106.

[3] 杨希雅, 石宝峰. 绿色债券发行定价的影响因素[J]. 金融论坛, 2020(1): 72-80.

[4] 朱俊明, 王佳丽, 余中淇, 杨姝影, 文秋霞. 绿色金融政策有效性分析: 中国绿色债券发行的市场反应[J]. 公共管理评论, 2020(2): 21-43.

[5] 张丽宏, 刘敬哲, 王浩. 绿色溢价是否存在?——来自中国绿色债券市场的证据[J]. 经济学报, 2021(2): 45-72.

[6] 姚圣, 林云燕. 经济政策不确定性与企业环保投资[J]. 中国矿业大学学报(社会科学版), 2023(1): 143-160.

[7] 韩颖, 齐小源. 经济政策不确定性、金融发展与雾霾污染——基于西部地区协同减排研究[J]. 工业技术经济, 2019, 38(12): 3-10.

[8] 徐箫, 李勇. 绿色债券市场收益率溢出效应研究[J]. 时代金融, 2018(35): 170-171.

[9] Pham, L. and Luu Duc Huynh, T. (2020) How Does Investor Attention Influence the Green Bond Market? *Finance Research Letters*, **35**, Article 101533. https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101533

[10] 姜姗姗. 经济政策不确定性对绿色债券市场的混频溢出效应研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2021.

[11] Reboredo, J.C. (2018) Green Bond and Financial Markets: Co-Movement, Diversification and Price Spillover Effects. *Energy Economics*, **74**, 38-50. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.05.030

[12] Hachenberg, B. and Schiereck, D. (2018) Are Green Bonds Priced Differently from Conventional Bonds? *Journal of Asset Management*, **19**, 371-383. https://doi.org/10.1057/s41260-018-0088-5