

气候风险对绿色资产收益的时变冲击： 基于TVP-VAR模型的研究

周志雄, 廖 昕, 胡 滨

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2026年1月28日; 录用日期: 2026年2月26日; 发布日期: 2026年3月6日

摘 要

基于TVP-VAR模型, 本文以气候物理风险指数与气候转型风险指数为外生冲击来研究气候风险冲击对不同绿色资产(ESG股票指数与绿色债券)收益的时变影响。本文通过等时间间隔脉冲响应以及不同事件时期的脉冲响应差异得到以下结论: (1) 无论是气候物理风险还是气候转型风险, 它们对于资产冲击效应主要集中于短期, 并呈现快速波动的特征; (2) 2020年3月公共卫生事件时期期间的冲击幅度更大且方向反复, 体现了在流动性与风险偏好急剧变化下的资产会出现短期过度反应与快速纠偏; (3) 2022年2月地缘政治冲突事件期间整体波动收敛, 但气候转型风险对资产的冲击呈现出更清晰的差异化, 绿色债券在当期可能出现显著正向跳升, 体现政策预期与资金再配置对绿债定价的影响重大。本文为理解气候风险冲击在不同市场状态下的传导节奏与资产异质性提供了经验证据, 并对绿色金融风险管理与政策沟通具有启示意义。

关键词

气候风险, 绿色债券, ESG股票, TVP-VAR模型

Time-Varying Shocks of Climate Risk to Green Asset Returns: Evidence from a TVP-VAR Model

Zhixiong Zhou, Xin Liao, Bin Hu

Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: January 28, 2026; accepted: February 26, 2026; published: March 6, 2026

Abstract

Based on a TVP-VAR model, this paper treats the climate physical risk index and the climate transition

文章引用: 周志雄, 廖昕, 胡滨. 气候风险对绿色资产收益的时变冲击: 基于 TVP-VAR 模型的研究[J]. 可持续发展, 2026, 16(3): 120-129. DOI: 10.12677/sd.2026.163101

risk index as exogenous shocks to examine the time-varying effects of climate risk shocks on the returns of different green assets, including ESG stock indices and green bonds. By analyzing equal-interval impulse responses and comparing impulse response dynamics across different event periods, we obtain the following findings. First, for both physical and transition climate risks, the impact on asset returns is primarily concentrated in the short run and exhibits rapid fluctuations. Second, during March 2020, the magnitude of the shocks is larger and the response direction switches more frequently, reflecting short-term overreactions and rapid corrections under abrupt changes in liquidity conditions and risk appetite. Third, during February 2022, overall volatility becomes more contained; however, the impact of transition risk shows clearer cross-asset differentiation, with green bonds potentially displaying a significant positive jump on impact, highlighting the important role of policy expectations and portfolio reallocation in green bond pricing. Overall, this study provides empirical evidence on the transmission dynamics and asset heterogeneity of climate risk shocks under different market conditions, offering implications for risk management and policy communication in the field of green finance.

Keywords

Climate Risk, Green Bonds, ESG Stocks, TVP-VAR Model

Copyright © 2026 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

在全球低碳转型与气候治理持续推进的背景下，气候风险已从环境议题逐步演变为影响金融市场定价与资源配置的重要因素。对资本市场而言，气候风险并不只是长期、缓慢累积影响的宏观变量，它也可能通过政策调整、产业结构变化、风险偏好转换以及信息冲击等渠道，以更高频、更突发的形式影响金融资产，从而对金融稳定与资产配置产生现实影响。尤其在绿色金融体系逐渐成形的过程中，绿色资产已成为连接气候治理目标与金融市场运行的关键载体，其价格波动不仅反映传统的金融因素，也体现投资者对绿色融资成本与相关政策预期的综合判断。

绿色资产通常包括 ESG 股票与绿色债券两类核心金融工具：前者主要代表企业在环境、社会与治理维度的综合表现及其市场估值，后者则是为绿色投资项目提供债务融资的重要渠道。随着绿色投资需求扩张与监管体系完善，市场普遍预期绿色资产具有一定的“政策支撑”与“偏好溢价”属性；但与此同时，绿色资产仍属于金融资产，其收益与风险仍会受到宏观不确定性、贴现率变化、资金流动与市场情绪等因素影响。因此，当气候风险信息发生变化时，绿色资产收益率也会受到影响。

现有研究已从多个角度讨论气候风险与金融市场和绿色资产的关系：一方面，机构投资者普遍认为气候风险具有财务重要性，并将其纳入投资决策与风险管理框架[1]；另一方面，碳风险、转型压力等因素也被发现与股票回报存在系统联系，表明市场可能对相关风险进行定价[2]。此外，绿色债券市场中关于绿色认证、信息披露与绿色溢价的研究进一步说明，绿色属性与投资者偏好可能通过需求结构影响债券定价[3]。同时，不少研究侧重于长期平均关系或静态影响，较难揭示冲击在短期如何传播、如何衰减，以及在不同资产之间的传导差异。然而，绿色资产对气候风险的响应可能在不同时期也存在差异，相关研究较为匮乏。

基于此，本文采用 TVP-VAR 模型，同时研究气候物理风险与气候转型风险，对绿色资产收益率的动态影响，并比较不同资产之间的影响差异。本文的研究不仅有助于丰富气候金融领域关于绿色资产定

价与风险管理的研究, 也可为投资者在气候风险不确定性上升的环境下进行资产配置、风险对冲与期限管理提供参考。

本文其余部分安排如下: 第二部分回顾相关文献; 第三部分介绍数据、变量与研究设计; 第四部分报告实证结果并进行经济含义讨论; 第五部分给出结论与政策启示。

2. 文献综述

近年来, 绿色金融市场有了很大的发展, 随着绿色债券市场扩张, 学者们开始从定价差异、信息披露与跨市场联动等角度讨论绿色债券的金融属性。Maltais *et al.* (2021)指出绿色债券不仅承担融资功能, 也可能通过标准、认证与信息披露强化市场对“绿色属性”的识别, 从而影响资本配置效率[4]。进一步地, 相关研究发现绿色债券与传统债券可能在收益率、流动性与投资者偏好方面存在差异, 且差异受市场环境及发行主体特征影响[5]。与此同时, ESG 及 ESG 股票研究已形成相对成熟的理论与实证积累。有研究表明, ESG 表现与公司财务绩效之间总体呈现“非负相关甚至正相关”的经验事实[6], 这促使市场将 ESG 从“伦理偏好”逐步纳入“风险管理与长期价值”框架。资产定价层面, Pástor *et al.* (2021)[7]与 Pedersen *et al.* (2021)[8]分别从均衡与有效前沿角度讨论可持续投资的收益-风险权衡, 强调投资者偏好与约束条件可能导致“绿色资产预期收益下降但风险暴露改善”的机制。进一步地, Bolton *et al.* (2021)从碳排放与股票收益的横截面关系出发, 提出碳风险可能形成可观测的风险溢价, 为将 ESG 股票纳入“气候风险定价”框架提供了证据。

与此同时, 人们越来越意识到气候不仅对人类生活有负面影响, 还会影响全球经济增长和金融稳定。气候风险主要从物理风险和转型风险两个方面影响市场[9]。物理风险是指气候事件对公司生产、运营和供应链的直接负面影响。转型风险的特点是与气候相关的政策变化、公众偏好转变以及技术进步带来的各类风险对企业运营、投融资造成的影响[10]。Adediran (2023)探究气候风险对发达和新兴国家股票市场及绿色股票的影响, 重新审视市场效率和收益可预测性, 发现气候风险定价影响市场效率, 绿色股票抵御风险能力强, 预测股票收益需考虑宏观因素[11]。Wu (2023)研究 42 个国家股市收益的双边联动, 发现气候转型风险会增加股市收益联动[12]。Gao (2024)发现绿色经济与能源金属市场存在显著风险溢出, 且受市场条件、时间和气候政策不确定性影响[13]。Chen (2025)发现绿色债券与绿色股票市场相关性弱且时变; 绿色债券可降低投资组合风险, 但在极端气候政策不确定性下避险能力弱; 气候政策不确定性对长期相关性有非对称、非线性的正向影响[14]。

3. 数据与研究设计

3.1. 变量与数据说明

本文选取了 2020 年 2 月 3 日至 2025 年 4 月 18 日的各国 ESG 股票指数与特定绿债指数的收盘价和气候风险指数作为研究对象, 气候风险指数为气候物理风险指数和气候转型风险指数, 后续代称为 PRI 和 TRI。这些气候风险指数的构建基于 Bua *et al.* (2024)的研究, TRI (Transition Risk Index)衡量与能源转型、碳减排、政策改革相关的新闻报道频率; PRI (Physical Risk Index)反映与极端天气、自然灾害及物理气候损害相关的舆情与报道强度。两者均基于大规模文本挖掘与关键词筛选构建, 可较好反映气候风险的动态变化。指数构建基于新闻文本识别气候风险关注度, 并进一步提取“超预期变化(Unexpected Change)”作为风险冲击指标, 从而区分转型风险与物理风险两类气候风险。该方法的核心在于: 先将每日新闻文本与两类“风险语料(Risk Documents)”进行向量化并计算相似度, 得到日度“风险关注度(Concern)”, 再对关注度序列拟合 AR(1)模型并取残差, 残差即为气候风险指数(TRI/PRI)。其数据来源于数据库网站 <https://policyuncertainty.com/>, ESG 股票指数数据与 GB 指数数据来源于彭博数据库, CHNGB

指数数据来源于万德数据库，具体的股票指数与绿债指数见表 1：

Table 1. Asset description

表 1. 资产介绍表

	中国	美国	中国	G10 (十国集团)
(资产)种类	ESG 股指	ESG 股指	绿债指数	绿债指数
来源指数	MXCNEGNU Index	GU729302 Index	CBA04902	SPGRUSS Index
后续代称	CHNESG	USAESG	CHNGB	GB

本文的实证系统包含 6 个变量：冲击源(气候风险)为 PRI、TRI；响应端(绿色资产收益率)为 CHNESG、USAESG、CHNGB、GB。样本数据频次为日度。PRI、TRI 在数据层面进行 Z-Score 标准化，从而可将冲击解释为 1 个标准差冲击。

3.2. TVP-VAR 模型构建

当风险传导机制随时间变化时，固定参数 VAR 的平均效应会掩盖阶段差异。Primiceri (2005)提出的时变结构 VAR 框架允许系数与波动结构随时间演化，为刻画结构关系变化提供了标准工具[15]。此外，在脉冲响应方法上，Koop *et al.* (1996)提出的广义脉冲响应为“对变量排序更稳健”的对照分析提供重要基础[16]。本文基准设定采用 Cholesky 识别，以突出“气候风险作为外生冲击源”的结构含义。

设状态向量为

$$y_t = (PRI_t, TRI_t, CHNESG_t, USAESG_t, CHNGB_t, GB_t)' \quad \text{式(1)}$$

模型为 TVP-VAR (1)：

$$y_t = c_t + A_{t,t} y_{t-1} + u_t, \quad u_t \sim N(0, \Sigma_t) \quad \text{式(2)}$$

其中 c_t , $A_{t,t}$ 与 Σ_t 随时间演化。识别方式：基于 Cholesky 分解；排序为 PRI→TRI→ESG 股票→绿色债券。其依据为：PRI 与 TRI 为外部构建的气候风险指标，日频层面上更接近信息冲击源，可当期影响资产收益，而资产收益对风险指数的反馈主要体现为滞后；其中物理风险(PRI)更具突发性与外生性，故置于转型风险(TRI)之前。资产端方面，股票市场交易更活跃、价格发现更快，通常先于债券市场反应；债券定价受期限结构与风险溢价调整影响更强，反应相对平滑，因此将 ESG 股票排在绿色债券之前。为比较不同提前期的影响，本文选择了三种提前期，分别提前 1 期，5 期和 10 期。

另外，本文选取两个具有明确外生冲击含义的时间节点用于比较：(1) 2020-03-16：世界卫生组织于 2020 年 3 月将 COVID-19 评估为全球大流行；英国政府于 2020 年 3 月发布减少接触、尽可能居家办公并避免社交场所活动等建议；法国总统于 2020 年 3 月讲话并宣布实施全国范围的管控措施。(2) 2022-02-24：俄罗斯对乌克兰发起特别军事行动，使得全球不确定性显著抬升与全球对能源供给的担忧。

4. 实证结果

4.1. 描述性统计和平稳性检验

表 2 给出了绿色资产收益率与气候风险指数(PRI, TRI)的描述性统计与平稳性检验结果。整体来看，各变量均值接近 0，符合日度收益序列的典型特征；但波动性与尾部风险存在显著差异：ESG 股票(CHNESG, USAESG)的标准差明显高于绿色债券(CHNGB, GB)，且股票端峰度更高，表明其更易出现极

端波动。Jarque-Bera 检验在 1%水平下均显著拒绝正态分布，说明样本普遍存在“尖峰厚尾”特征，为后续采用 TVP-VAR 模型刻画冲击效应的时变性提供了数据动机。平稳性方面，ADF 检验对所有序列均在 1%水平显著拒绝单位根，表明变量在统计意义上整体平稳；KPSS 统计量整体也未显示出强烈的非平稳证据。因而，本研究在收益率序列与标准化后的 PRI、TRI 基础上开展 TVP-VAR(1)模型构建与时变脉冲响应分析具有合理的数据前提。

Table 2. Descriptive statistics and stationarity tests for green assets and climate risk indices

表 2. 资产气候风险描述性统计和平稳性检验表

	Mean	Max	Min	Std. Dev.	Skewness	Kurtosis	Jarque-Bera	ADF	KPSS
CHNESG	-0.004	11.765	-14.675	1.837	-0.056	5.856	1782.598***	-14.820***	0.156
CHNGB	0.002	1.613	-1.015	0.284	0.326	3.356	606.852***	-11.553***	0.170
GB	-0.012	1.103	-1.571	0.267	-0.521	3.603	730.676***	-14.909***	0.175
USAESG	0.049	9.962	-13.498	1.503	-0.473	11.950	7473.101***	-10.757***	0.074
TRI	-0.172	10.068	-6.925	2.337	0.227	3.802	44.542***	-7.454***	0.514
PRI	-0.282	10.438	-6.315	2.188	0.715	4.345	201.864***	-7.305***	0.413

注：***代表 1%水平的统计显著性。

4.2. 等时间间隔脉冲响应结果分析

图 1 和图 2 分别展示了四类绿色资产在不同提前期下对 PRI 和 TRI 的时变脉冲响应强度，其中以当期、第 5 期与第 10 期作为提前期来呈现冲击响应随时间变化的特征。总体而言，两类气候风险冲击对绿色资产收益率的影响均表现出显著的时变性，但其主要作用集中于较短期限，并在若干期后逐步收敛。

第一，两类气候风险的冲击效应以短期为主，响应强度在当期最为显著，并随着提前期增加而快速衰减。从图中可以看出，当期响应曲线的波动幅度更大，且在不同阶段存在方向切换；而第 5 期与第 10 期的响应整体更贴近零轴、波动更为平缓。这表明，无论是 PRI 还是 TRI，冲击对绿色资产收益率的影响主要通过短期定价与风险情绪渠道体现，市场在冲击发生后的较短时间内完成主要吸收与再平衡，随后影响逐渐减弱并趋于消失。也就是说，气候风险冲击类似于短期波动，其持续性相对有限。

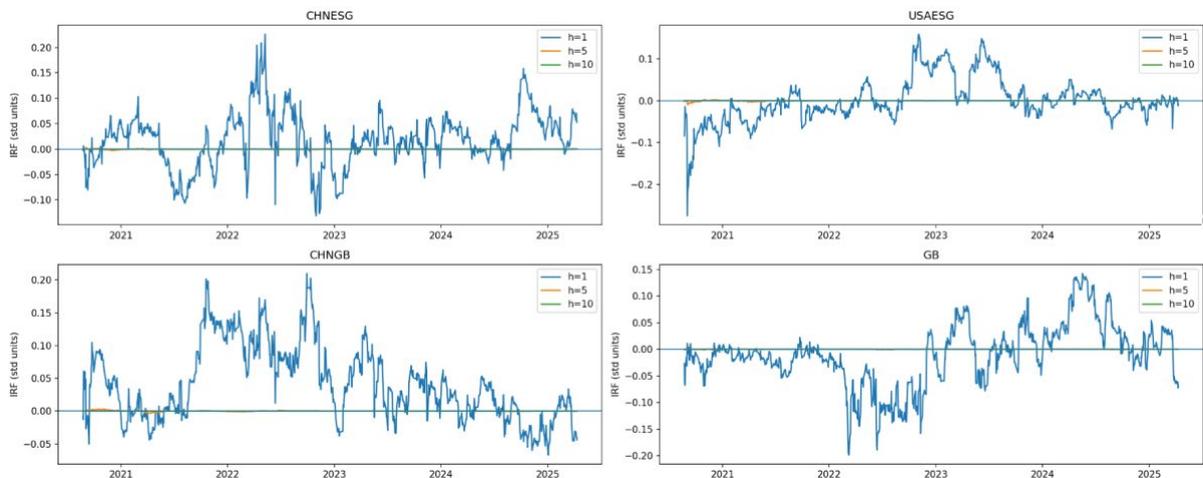


Figure 1. Time-varying impulse responses to PRI Shocks over the full sample

图 1. 全样本 PRI 时变脉冲响应图

第二，不同资产面对风险冲击时存在明显差异：ESG 股票端更敏感，绿色债券端更平滑但在特定阶段仍会出现放大。从四类资产对比来看，ESG 股票(CHNESG, USAESG)的当期响应通常更为剧烈，说明权益端对气候风险变化导致的不确定性冲击与风险偏好变化更敏感；绿色债券(CHNGB, GB)的响应相对平滑，但在部分时间段也可观察到冲击效应的放大，反映在风险溢价变化、期限偏好调整或资金再配置作用下，债券收益率同样会在短期出现偏离。该差异意味着，绿色资产之间对于风险的响应并不同：股票端更多体现情绪与折现率变化，债券端则更多体现期限结构与信用利差的调整。

总体而言，等时间间隔脉冲响应结果揭示了两类气候风险冲击对绿色资产收益率的影响具有显著时变性，但主要体现为当期冲击强度的阶段性放大或收敛；而在第 5 期与第 10 期，冲击效应普遍快速衰减并趋于零附近。

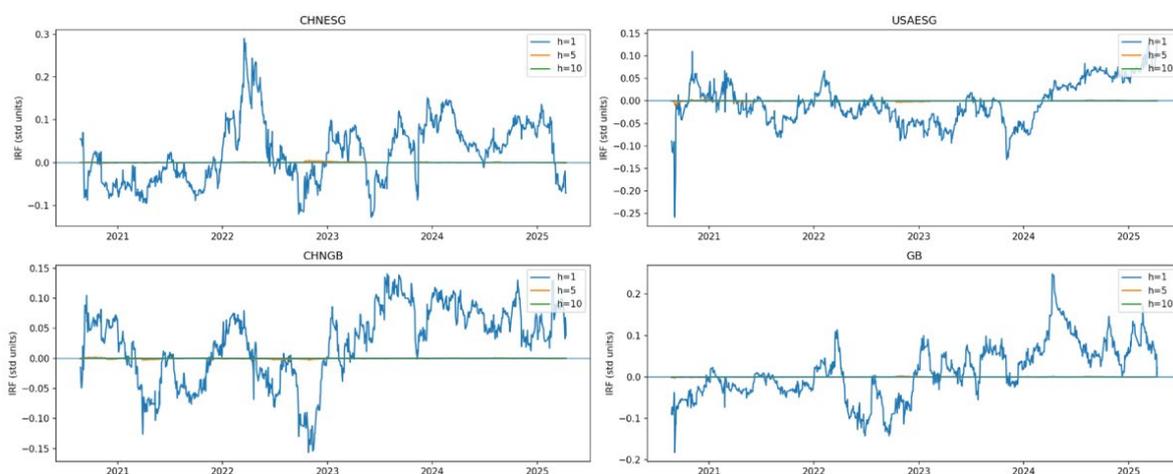


Figure 2. Time-varying impulse responses to TRI shocks over the full sample

图 2. 全样本期 TRI 时变脉冲响应图

4.3. 特殊时间节点脉冲响应结果分析

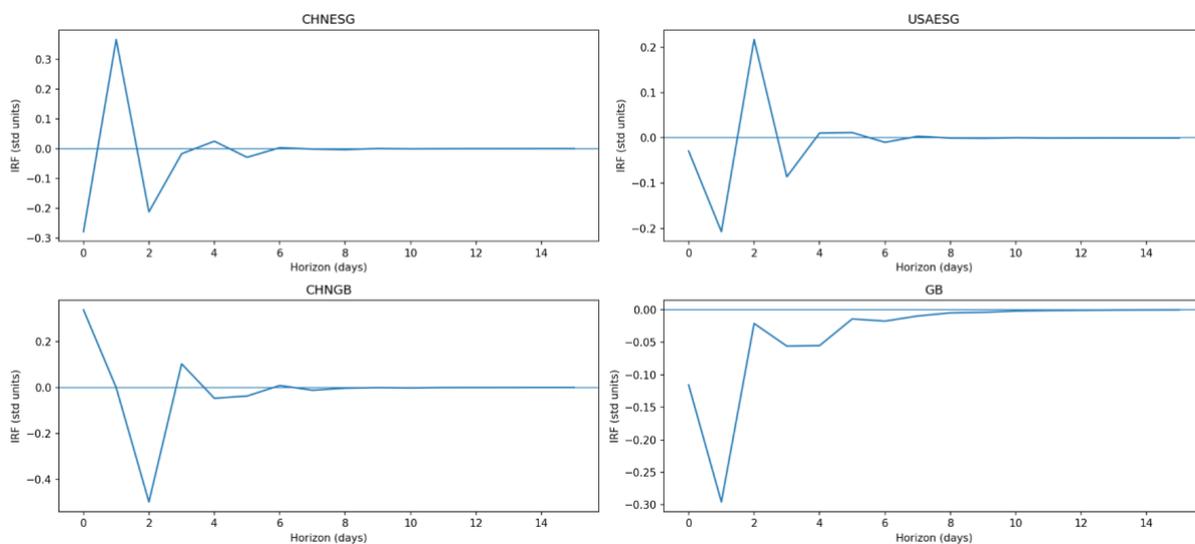


Figure 3. Impulse responses to TRI shocks during the public health crisis in March 2020

图 3. 2020 年 3 月公共卫生事件时期 TRI 冲击脉冲响应图

为进一步提高结果的可解释性, 本文选取 2020 年 3 月公共卫生事件时期和 2022 年 2 月地缘政治冲突事件两个特殊时间节点, 分别刻画 PRI 与 TRI 冲击在不同阶段的变化特征, 具体结果见图 3~图 6。

2020 年 3 月公共卫生事件时期期间, 气候风险带来的冲击更剧烈, 短期震荡与修正的形态更明显。从图 3 和图 4 可以看出四类绿色资产对两类气候风险冲击的响应更为剧烈, 尤其集中体现在当期至第 1~3 期, 部分资产呈现出显著波动然后回撤修正的形态, 表明在不确定性与流动性压力上升的环境下, 风险信息会和 market 情绪共振, 从而放大短期波动使得资产出现过度反应。从 PRI 与 TRI 的对比看, PRI 冲击在该节点对于绿色资产影响比较一致, 多类绿色资产的短期反应更为同步, 且在数期内出现震荡与回摆的形态, 反映市场在高度不确定条件下对风险信息的快速定价与再评估过程。TRI 冲击则出现了资产之间的差异, 具体为, 部分资产(USAESG)的当期反应更强或方向更易切换, 说明转型风险信息不仅影响风险偏好, 也可能触发结构性配置调整, 从而使短期路径更复杂。尽管如此, 大多数资产的响应在若干期后仍逐步向零附近收敛, 这同样意味着气候风险冲击的持续性有限。

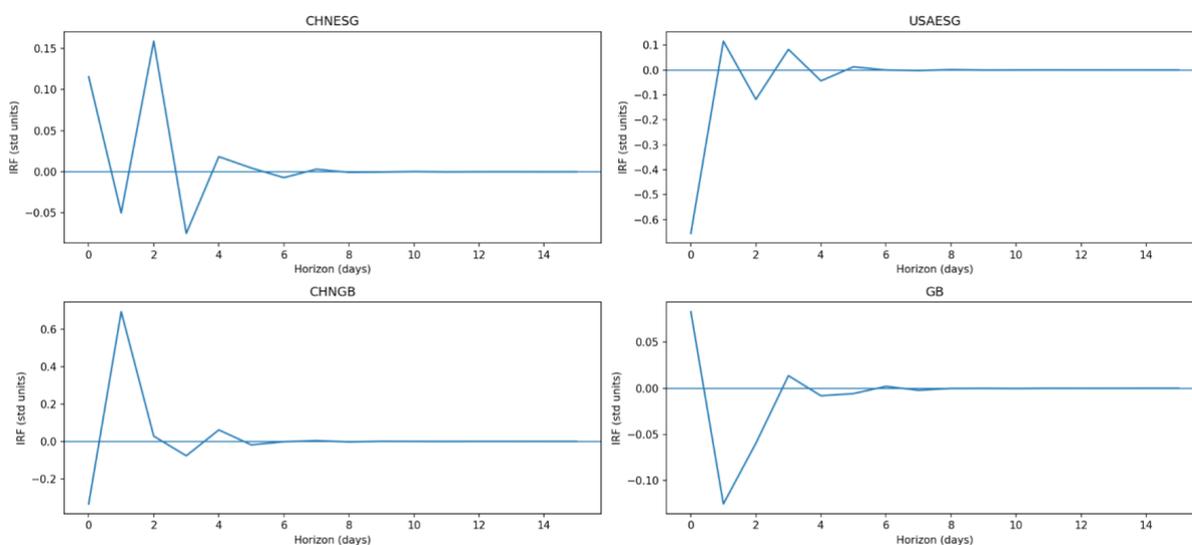


Figure 4. Impulse responses to PRI shocks during the public health crisis in March 2020

图 4. 2020 年 3 月公共卫生事件时期 PRI 冲击脉冲响应图

2022 年 2 月地缘政治冲突事件期间, 资产对于风险的冲击响应更集中、衰减更快, TRI 的跨资产差异更清晰。从图 5 和图 6 可以看出在 2022 年 2 月地缘政治冲突事件发生后, 冲击的大小相较于 2020 年 3 月公共卫生事件时期更收敛。多数资产的响应更集中在当期或第 1 期, 随后较快回归至零附近, 显示绿色资产在该阶段对气候风险冲击的吸收速度更快、修正过程更短。对比两类风险冲击, PRI 冲击在该节点的短期震荡幅度相对更小, 形态更平滑; 而 TRI 冲击在部分资产上呈现更明显的差异, 提示在能源供给担忧与政策预期变化交织的背景下, 转型风险信息更可能通过资产再配置、期限偏好变化与绿色溢价调整等渠道体现出来。

总体来看, 特殊时点脉冲相应结果表明, 气候风险冲击的短期效应并非固定不变, 而是会随市场环境及宏观不确定性变化而呈现放大或收敛的形态; 同时, 相较 PRI, TRI 对于不同资产的影响更易在不同的市场环境下出现差异, 表明转型风险对绿色资产的影响是多方面的。

综合等时间间隔与特殊时间节点的时变响应结果可以得到一致结论: 两类气候风险冲击(PRI 与 TRI)对绿色资产收益率的影响主要集中于短期, 尤其体现在当期与第 1~3 期; 随着提前期增加, 冲击效应快

速衰减，并在若干期后收敛至零附近。资产层面，ESG 股票整体更敏感、短期波动更剧烈；绿色债券整体更平滑，但在部分阶段同样会出现当期响应放大。2020 年 3 月公共卫生事件时期后，气候风险的冲击更剧烈且更易出现短期震荡与修正的形态。2022 年 2 月地缘政治冲突事件发生后，气候风险冲击则更集中、更快衰减，并且 TRI 相对 PRI 对于不同资产的影响更易在特定阶段出现差异。上述结果说明，理解气候风险的金融传导机制需要同时关注冲击的时间结构与资产种类，尤其应重视短期冲击在不同市场环境下的放大与吸收过程。

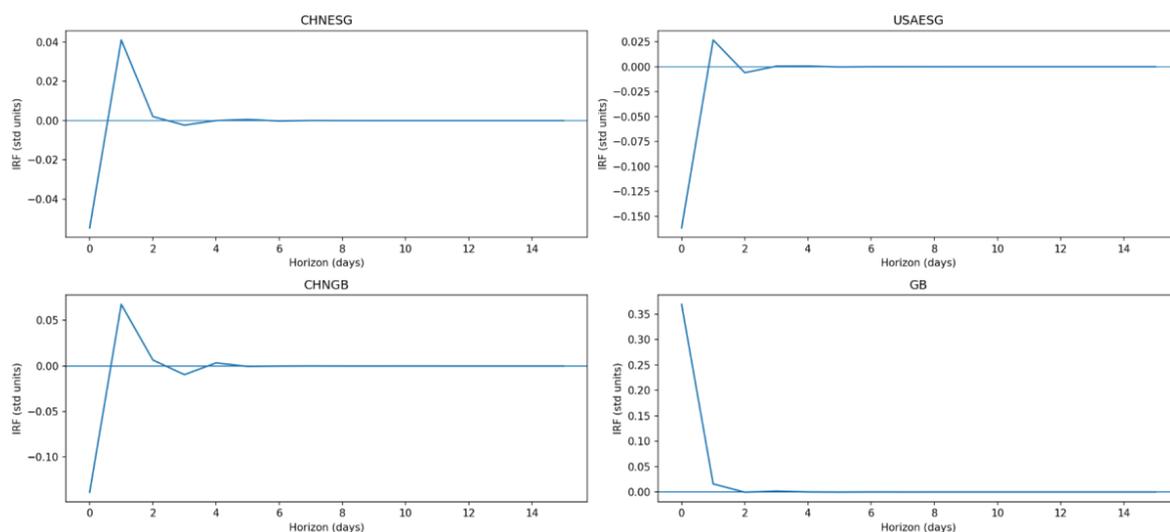


Figure 5. Impulse responses to TRI shocks during the geopolitical conflict event in February 2022

图 5. 2022 年 2 月地缘政治冲突事件期 TRI 冲击脉冲响应图

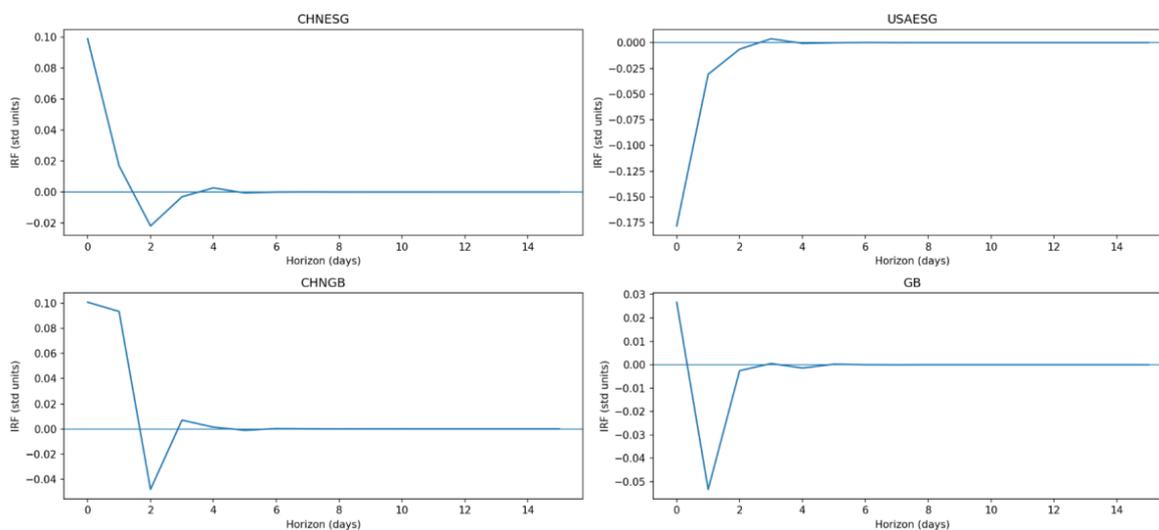


Figure 6. Impulse responses to PRI shocks during the geopolitical conflict event in February 2022

图 6. 2022 年 2 月地缘政治冲突事件期 PRI 冲击脉冲响应图

5. 结论与启示

本文通过对气候物理风险(PRI)与气候转型风险(TRI)对绿色资产收益率进行时变脉冲响应分析，得出

了以下结论。

首先，气候风险冲击对绿色资产的影响主要集中在短期。在等时间间隔脉冲响应的分析中，PRI 与 TRI 的冲击在当期和第 1 期时达到最大，随后迅速衰减，至第 5 期和第 10 期时，效应几乎消失。这表明气候风险对绿色资产的影响更多是通过短期来体现。

其次，绿色资产在面对气候风险冲击时存在差异。ESG 股票对气候风险更为敏感，短期波动较大，反映出股票市场对风险情绪与不确定性变化的敏感性；绿色债券的反应则相对平缓，但在部分时期仍会出现冲击的放大，显示绿色债券收益率同样受到市场情绪与资金再配置的影响。因此，股票与债券对于气候风险冲击的反应存在显著差异，投资者需要根据资产类型进行配置。

第三，PRI 和 TRI 冲击在整体时变响应特征上较为一致，但 TRI 更容易出现资产差异。PRI 冲击通常通过风险情绪与市场不确定性传导，对各类资产的影响相对同步，而 TRI 的冲击影响则涉及政策预期、能源转型等因素，更可能通过债券与股票的不同反应机制形成资产的差异化响应。

基于这些结论，本文提出以下建议：投资者应关注气候风险冲击的短期效应，尤其是在不确定性较高的时期，及时调整绿色资产配置。绿色资产配置策略应考虑股票与债券的差异，并根据不同气候风险的传导机制调整投资组合，优化资产配置。政策制定者应加强绿色金融市场的监管与信息披露，提升绿色债券等产品的透明度，减少气候风险带来的市场波动。企业应加强气候风险管理和信息披露，以增强投资者信心，并在气候风险冲击时降低市场波动。

参考文献

- [1] Krueger, P., Sautner, Z. and Starks, L.T. (2020) The Importance of Climate Risks for Institutional Investors. *The Review of Financial Studies*, **33**, 1067-1111. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhz137>
- [2] Bolton, P. and Kacperczyk, M. (2021) Do Investors Care about Carbon Risk? *Journal of Financial Economics*, **142**, 517-549. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2021.05.008>
- [3] Zerbib, O.D. (2025) The Effect of Pro-Environmental Preferences on Bond Prices: Evidence from Green Bonds. In: *Handbook of Quantitative Sustainable Finance*, Chapman and Hall/CRC, 410-448. <https://doi.org/10.1201/9781032636252-16>
- [4] Maltais, A. and Nykvist, B. (2020) Understanding the Role of Green Bonds in Advancing Sustainability. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, **11**, 233-252. <https://doi.org/10.1080/20430795.2020.1724864>
- [5] 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>
- [6] Friede, G., Busch, T. and Bassen, A. (2015) ESG and Financial Performance: Aggregated Evidence from More than 2000 Empirical Studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, **5**, 210-233. <https://doi.org/10.1080/20430795.2015.1118917>
- [7] Pástor, L., Stambaugh, R.F. and Taylor, L.A. (2021) Sustainable Investing in Equilibrium. *Journal of Financial Economics*, **142**, 550-571. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2020.12.011>
- [8] Pedersen, L.H., Fitzgibbons, S. and Pomorski, L. (2021) Responsible Investing: The ESG-Efficient Frontier. *Journal of Financial Economics*, **142**, 572-597. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2020.11.001>
- [9] Carney, M. (2015) Breaking the Tragedy of the Horizon-Climate Change and Financial Stability. Speech Given at Lloyd's of London, 220-230.
- [10] Bua, G., Kapp, D., Ramella, F. and Rognone, L. (2024) Transition versus Physical Climate Risk Pricing in European Financial Markets: A Text-Based Approach. *The European Journal of Finance*, **30**, 2076-2110. <https://doi.org/10.1080/1351847x.2024.2355103>
- [11] Adediran, I.A., Bewaji, P.N. and Oyadeyi, O.O. (2023) Climate Risk and Stock Markets: Implications for Market Efficiency and Return Predictability. *Emerging Markets Finance and Trade*, **60**, 1908-1928. <https://doi.org/10.1080/1540496x.2023.2298251>
- [12] Wu, G.S.T. and Wan, W.T.S. (2023) What Drives the Cross-Border Spillover of Climate Transition Risks? Evidence from Global Stock Markets. *International Review of Economics & Finance*, **85**, 432-447. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2023.01.027>

-
- [13] Gao, W., Wei, J., Zhang, H. and Zhang, H. (2024) Does Climate Policy Uncertainty Exacerbate Extreme Risk Spillovers between Green Economy and Energy Metals? *Resources Policy*, **91**, Article ID: 104946. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104946>
- [14] Chen, Y., Jiang, Q., Dai, Z. and Liu, Y. (2025) The Impact of Climate Policy Uncertainty on the Correlations between Green Bond and Green Stock Markets. *International Review of Financial Analysis*, **102**, Article ID: 104046. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2025.104046>
- [15] Primiceri, G.E. (2005) Time Varying Structural Vector Autoregressions and Monetary Policy. *The Review of Economic Studies*, **72**, 821-852. <https://doi.org/10.1111/j.1467-937x.2005.00353.x>
- [16] Koop, G., Pesaran, M.H. and Potter, S.M. (1996) Impulse Response Analysis in Nonlinear Multivariate Models. *Journal of Econometrics*, **74**, 119-147. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(95\)01753-4](https://doi.org/10.1016/0304-4076(95)01753-4)