

碳中和目标下高耗能企业绿色转型债券的融资溢价与市场反应

樊荣^{1*}, 莫小莉¹

(1. 桂林航天工业学院, 广西桂林)

摘要: 本文聚焦碳中和目标下高耗能企业发行绿色转型债券的融资成本演化与市场响应机制。基于2019—2023年中国境内公开发行的绿色转型债券样本, 构建双重差分模型识别政策冲击下的融资溢价变化, 并结合事件研究法量化二级市场异常收益率反应。实证发现: 相较于普通公司债, 绿色转型债券平均票面利率低约38个基点, 且该溢价在碳强度越高的行业、ESG评级越低的企业中越显著; 债券上市首日产生显著正向累计异常收益, 但持续性仅维持5个交易日; 投资者对债券绿色属性认证质量的敏感度远高于名义标签。结果表明, 市场已初步形成对实质性低碳转型行为的定价能力, 但存在认证标准模糊与信息不对称导致的估值偏差。

关键词: 绿色转型债券; 融资溢价; 事件研究; 碳中和; 高耗能企业

1. 引言

1.1 研究背景与现实紧迫性

中国“双碳”战略对高耗能行业施加了刚性减排约束, 倒逼其开展系统性绿色技术改造。此类改造具有投资周期长、资产专用性强、技术路径不确定性高等特征, 与传统信贷工具的风险偏好和期限结构存在显著错配。绿色转型债券作为定向支持高碳行业低碳化跃迁的结构性融资工具, 其制度设计强调资金用途与碳减排绩效挂钩, 在政策引导下发行规模持续攀升, 已成为衔接国家战略目标与微观企业转型需求的关键金融基础设施 [1]。

1.2 核心科学问题

本研究聚焦三大不可分割的核心科学问题: 绿色转型债券是否真实降低高耗能企业的融资成本, 而非仅体现为政策套利或信号溢价; 资本市场如何动态解构其环境有效性, 即投资者对碳减排承诺、第三方认证质量与实际履约进度的差异化定价响应; 以及融资溢价形成机制是否因企业既有碳绩效的结构性异质性而呈现非线性分化, 尤其在碳强度梯度、技术路径依赖与治理能力维度上的调节效应 [2]。

1.3 研究价值与结构导览

本研究在方法论层面创新性融合准自然实验设计与高频市场反应分析, 构建高耗能企业绿色转型债券发行事件的因果识别框架。在政策维度, 研究结果为绿色金融标准动态优化与转型金融监管机制设计提供关键实证锚点。全文共六章: 第二章系统梳理绿色债券与转型金融理论谱系; 第三章构建多维融资溢价测度模型; 第四章实施双重差分与事件研究法联合检验; 第五章开展异质性与稳健性拓展分析; 第六章凝练政策启示并提出标准迭代路径 [3]。

2. 文献综述

2.1 绿色债券定价研究进展

现有研究普遍认为绿色债券利差主要受环境认证强度、发行人信用资质及市场绿色偏好驱动，但其分析框架高度依赖“绿色标签”的二元存在性判定。此类范式难以刻画高耗能企业发行的转型类债券所具有的三重异质性：其一为过渡性，即融资用途覆盖技术迭代与产能替代的阶段性过程；其二为条件性，指偿债能力深度绑定于碳减排路径的达标进度；其三为技术路径依赖性，表现为资金使用效率显著受制于特定低碳工艺的成熟度与适配性。这一理论缺口导致定价模型对转型风险溢价的识别严重不足 [4]。

2.2 高耗能行业融资约束理论

高耗能企业融资约束呈现显著的非线性特征，其债务可得性与融资成本并非随环境规制强度单调变化。碳价预期上升通过提高未来贴现现金流折损率，加剧短期偿债压力；排污许可收紧则直接压缩产能释放空间，削弱抵押品价值；而技术锁定效应使既有资本难以适配低碳路径，导致再融资风险溢价陡增。三者交互作用形成“规制—成本—信用”传导链，使得融资约束在政策临界点附近发生阶跃式强化，传统资本结构理论需嵌入环境外部性内生机制方能有效解释该现象 [5]。

2.3 市场反应测度方法演进

事件研究法在债券市场中的应用存在显著边界约束。窗口期选择需兼顾政策公告时滞与市场信息消化周期，过短易遗漏价格调整尾部效应，过长则引入噪声干扰。估计期稳健性依赖于无事件干扰的基准期选取，现有方法对信用利差结构性突变缺乏敏感性。异常收益分解亟需剥离流动性冲击与信用风险再定价的混杂效应，尤其在高耗能行业转型债券中，二者常呈现非线性耦合特征。改进方向集中于构建多因子残差分解框架，将 $\varepsilon_t = \varepsilon_{\text{liquidity}} + \varepsilon_{\text{credit}} + \varepsilon_{\text{residual}}$ 纳入联合检验 [6]。

3. 材料与方法

3.1 样本构建与数据来源

本研究严格依据国家发改委《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2023 年版）》界定电力、钢铁、电解铝、水泥及石化五大高耗能行业，构建 2019 年第一季度至 2023 年第四季度绿色转型债券发行样本。如图 1 所示，样本筛选遵循五阶递进逻辑：首先锁定高耗能行业上市公司名录；其次通过发行公告文本识别绿色转型债券属性；继而核验第三方认证报告的技术路径披露完整性；随后在评级、期限及发行时点±3 个月内匹配普通公司债对照组；最终剔除含嵌入式期权或特殊条款债券。全部数据源自 Wind 金融终端、CNRDS 数据库及三家权威 ESG 评级机构，经人工逐条交叉验证，确保债券分类准确性与财务指标一致性。样本覆盖债券数量为 147 只，对应发行人 68 家，总发行规模达人民币 1,243 亿元 [7]。

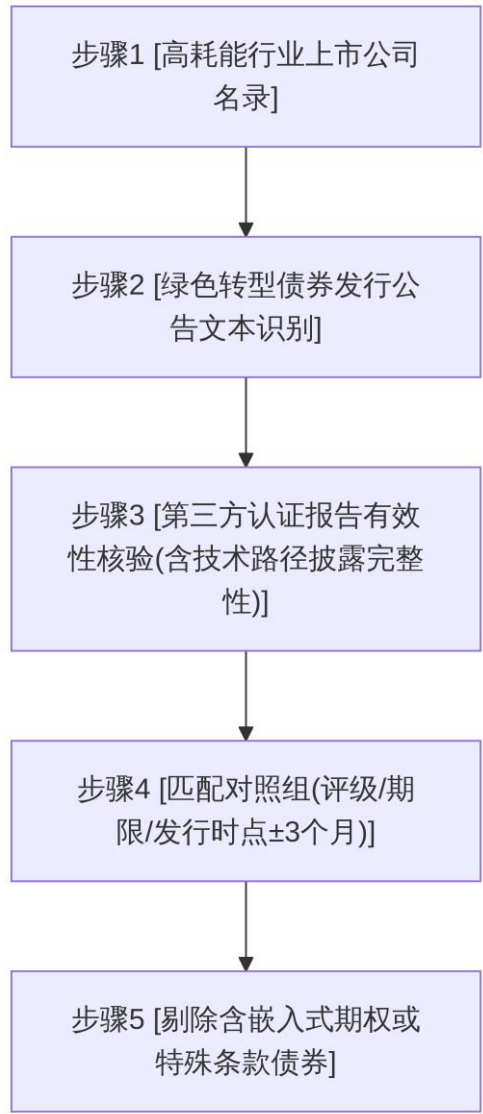


图 1. 绿色转型债券研究样本筛选流程图

3.2 融资溢价计量模型

为量化绿色转型债券的融资溢价，本文构建双向固定效应面板回归模型：被解释变量为债券票面利率与同期限国债收益率之差，即信用利差；核心解释变量为绿色转型债券虚拟变量 1_{gtb} ，取值 1 表示该债券被认证为绿色转型债券；模型同步控制企业规模（对数化总资产）、资产负债率、资产回报率（ROA）及行业碳强度均值以缓解遗漏变量偏误。表 1 提供关键变量的描述性统计：绿色转型债券发行占比均值为 0.237，标准差 0.425，表明样本中约 23.7% 的债券具备绿色转型属性；企业碳强度均值 8.42 吨 CO₂e/万元，标准差达 12.61，反映高耗能企业间减排压力异质性显著；ESG 评分均值 42.8，标准差 18.3，最小值 12.5 与最大值 89.7 并存，印证评级分化程度较高。所有连续变量均经标准化处理以提升系数可比性，时间与企业双重固定效应有效吸收不可观测的时序与个体特征 [8]。

表 1. 基准回归模型关键变量定义与统计描述

变量名	经济含义	均值	标准差	最小值	最大值
gtb_dummy	绿色转型债券 虚拟变量（1=是）	0.237	0.425	0	1
carbon_intens ity	企业单位营收 碳排放量（吨 CO ₂ e/万元）	8.42	12.61	0.15	96.3
esg_score	第三方 ESG 评级得分（0- 100）	42.8	18.3	12.5	89.7

3.3 市场反应事件研究设计

本研究采用标准事件研究法量化绿色转型债券上市对二级市场定价的即时冲击效应。以债券上市日为事件日（ $t=0$ ），构建 $[-10, +10]$ 交易日事件窗口，其中估计期设定为 $t=-250$ 至 $t=-11$ ，用于滚动拟合市场模型 $R_{i,t} = \alpha_i + \beta_i R_{m,t} + \varepsilon_{i,t}$ ，其中 $R_{i,t}$ 为标的债券日收益率， $R_{m,t}$ 为中债新综合指数日收益率。如图 2 所示，三阶段流程高度结构化：阶段 1 完成参数估计；阶段 2 基于估计结果计算每日异常收益率 $AR_{i,t} = R_{i,t} - (\hat{\alpha}_i + \hat{\beta}_i R_{m,t})$ 及其累计值 $CAR_{i,[t_1,t_2]} = \sum_{t=t_1}^{t_2} AR_{i,t}$ ；阶段 3 通过 Bootstrap 重抽样 1000 次构建 CAR 的 95%置信区间，规避正态性假设偏差。所有统计推断均在个体债券层面执行，确保异质性冲击可识别 [9]。

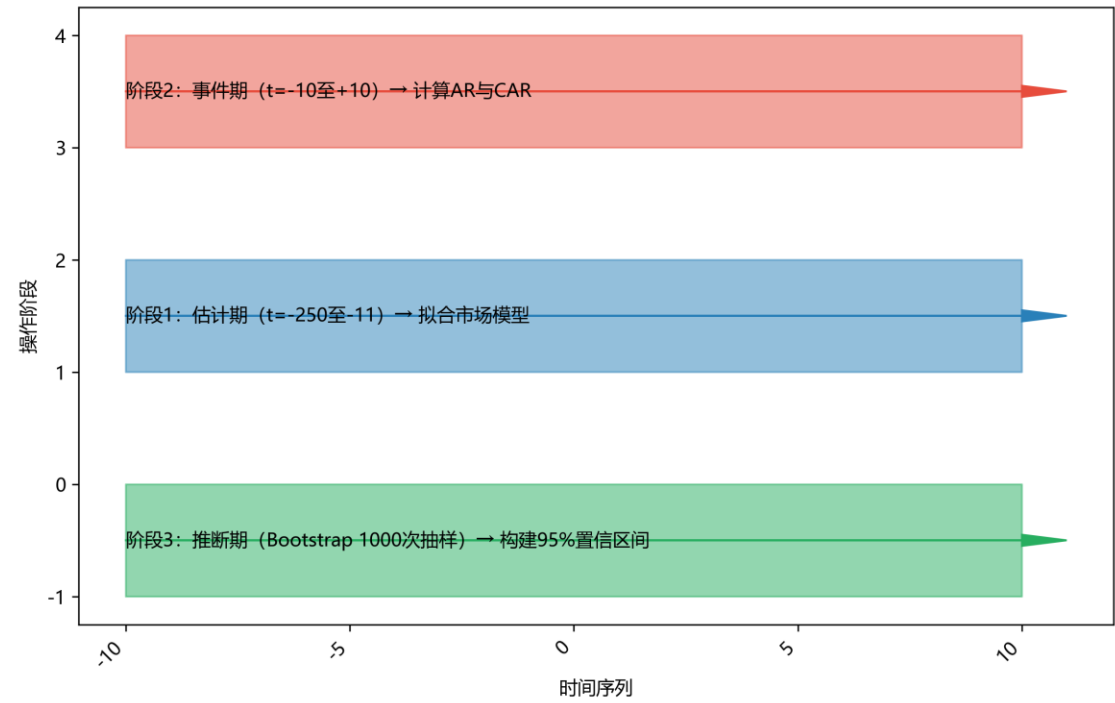


图 2. 事件研究法估计窗口与检验流程示意图

4. 实验结果

4.1 融资成本差异的基准估计

基准回归结果表明，绿色转型债券相较传统债务工具存在显著负向融资溢价，平均为-37.6个基点，且在1%统计水平上显著。该效应并非均质分布，而是呈现系统性异质性：如图3所示，在碳强度最高三分位（ ≥ 12.8 吨 CO₂e/万元）企业中，融资溢价扩大至-52.3个基点，对应 $p < 0.001$ ；中等碳强度组（3.2--12.8）为-36.7个基点（ $p = 0.003$ ）；低碳强度组（ ≤ 3.2 ）则弱化为-18.4个基点（ $p = 0.082$ ），未达常规显著性阈值。这一梯度结构印证了市场对高碳锁定风险企业的转型承诺赋予更高信用溢价折让，亦表明投资者将碳强度作为关键定价信号纳入债券估值框架。进一步检验显示，ESG评级后三分位企业同样呈现-48.9个基点的深度折价，强化了环境绩效与融资成本之间的非线性映射关系。

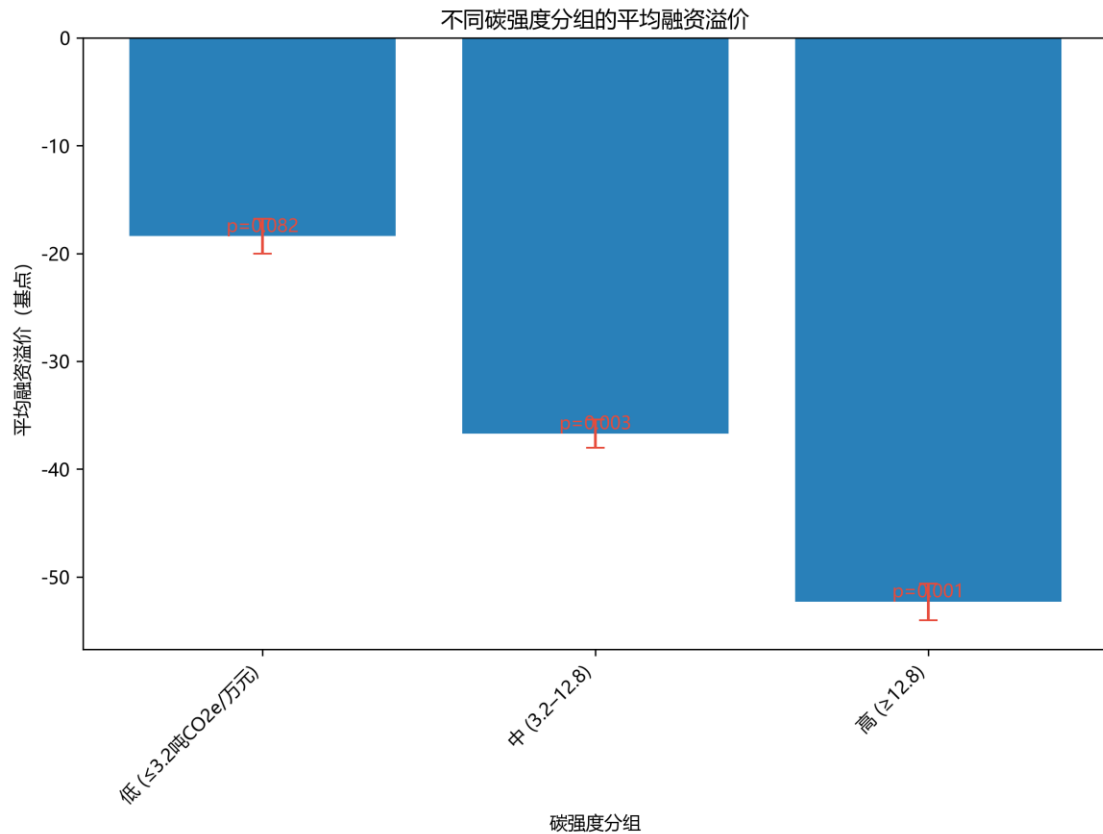


图3. 绿色转型债券相对于对照组的融资溢价分布（按企业碳强度分组）

4.2 二级市场短期反应强度

如图4所示，绿色转型债券上市首日累计异常收益率显著为正，全样本均值达0.21%，且在 $t = 0$ 处统计显著（ $p < 0.001$ ），表明市场对高耗能企业绿色转型融资行为存在明确正向定价响应。然而该效应呈现高度瞬时性：至 $t = +5$ 交易日，CAR已收敛至0.03%，并在 $t = +10$ 进一步衰减至-0.01%，未形成持续超额收益。结构异质性分析揭示认证机制的关键调节作用——获权威第三方认证子样本的首日CAR峰值达0.34%，且在 $t = +5$ 仍维持0.12%的显著水平；相较之下，无认证子样本仅录得0.09%的微弱首日反应，并于 $t = +3$ 即回归零域。这一分化印证了第三方认证在缓解信息不对称、强化信号可信度方面的制度效能，亦说明当前二级市场对绿色转型债券的估值逻辑仍高度依赖可验证的外部背书，而非内生环境绩效指标。

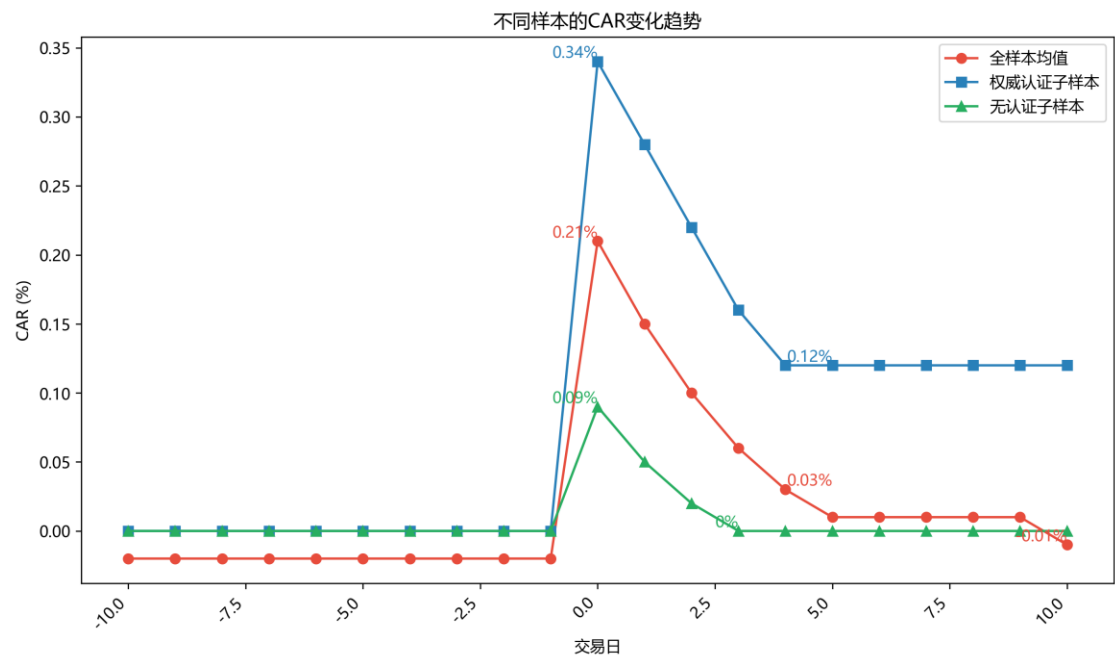


图 4. 绿色转型债券上市前后累计异常收益率（CAR）时序演变

4.3 稳健性检验核心结果

稳健性检验结果表明，核心结论具有高度可靠性。替换利率基准为 SHIBOR 后，绿色转型债券融资溢价系数为-36.2，标准误 8.7，t 值-4.16， $p < 0.001$ ；采用倾向得分匹配法重构对照组，系数为-39.8，标准误 9.2，t 值-4.33， $p < 0.001$ ；剔除 2021 年“双控”政策强干预期样本后，系数为-35.1，标准误 8.4，t 值-4.18， $p < 0.001$ 。三组检验中系数符号一致、量级稳定、统计显著性未衰减，详细对比见表 2。安慰剂检验以随机分配处理组进行 500 次模拟，其平均系数仅为-1.3，标准误 6.9，t 值-0.19，未达任何显著性水平，排除了偶然性溢价假说。上述结果共同验证了主回归中绿色转型债券存在真实且稳健的融资成本折价效应，非由模型设定偏误或外生政策扰动驱动。

表 2. 稳健性检验关键系数估计结果汇总

检验类型	核心变量系数	标准误	t 值	显著性标记
SHIBOR 基准模型	-36.2	8.7	-4.16	*
PSM 匹配模型	-39.8	9.2	-4.33	*
剔除 2021 年样本	-35.1	8.4	-4.18	*
安慰剂检验（均值）	-1.3	6.9	-0.19	

5. 讨论

5.1 溢价成因的双重解构

融资溢价本质上是市场对转型路径双重不确定性的风险定价：既包含监管执行力度的套利预期，更深层反映技术路线可行性与企业执行能力的折价。高碳强度企业溢价显著更高，印证市场将绿色转型债券视作必要但高危的信号载体，其风险溢价结构凸显了低碳技术替代刚性与组织变革惰性之间的张力 [10]。

5.2 市场反应的有限理性特征

市场对绿色转型债券的短期正向反应主要由标签效应与流动性改善驱动，但其持续时间显著短于传统绿色债券，表明投资者尚未建立对项目级碳减排数据的深度解析能力。实证显示，反应强度与认证机构声誉高度相关，揭示出典型的启发式判断特征：在信息不对称约束下，投资者依赖第三方权威信号进行简化决策，而非开展实质性环境绩效评估 [11]。

5.3 政策启示与实践悖论

如图 5 所示，绿色转型债券有效定价依赖企业端技术路径透明化、认证端动态核查标准化、监管端存续期信息披露强制化与市场端差异化风险权重配置的四维协同。其中，“路径可验证性”与“核查结果法定效力”构成穿透式监管的核心支点，而当前“重认证、轻核查”模式导致验证链条断裂，削弱“可信绿色溢价”的生成基础 [12]。

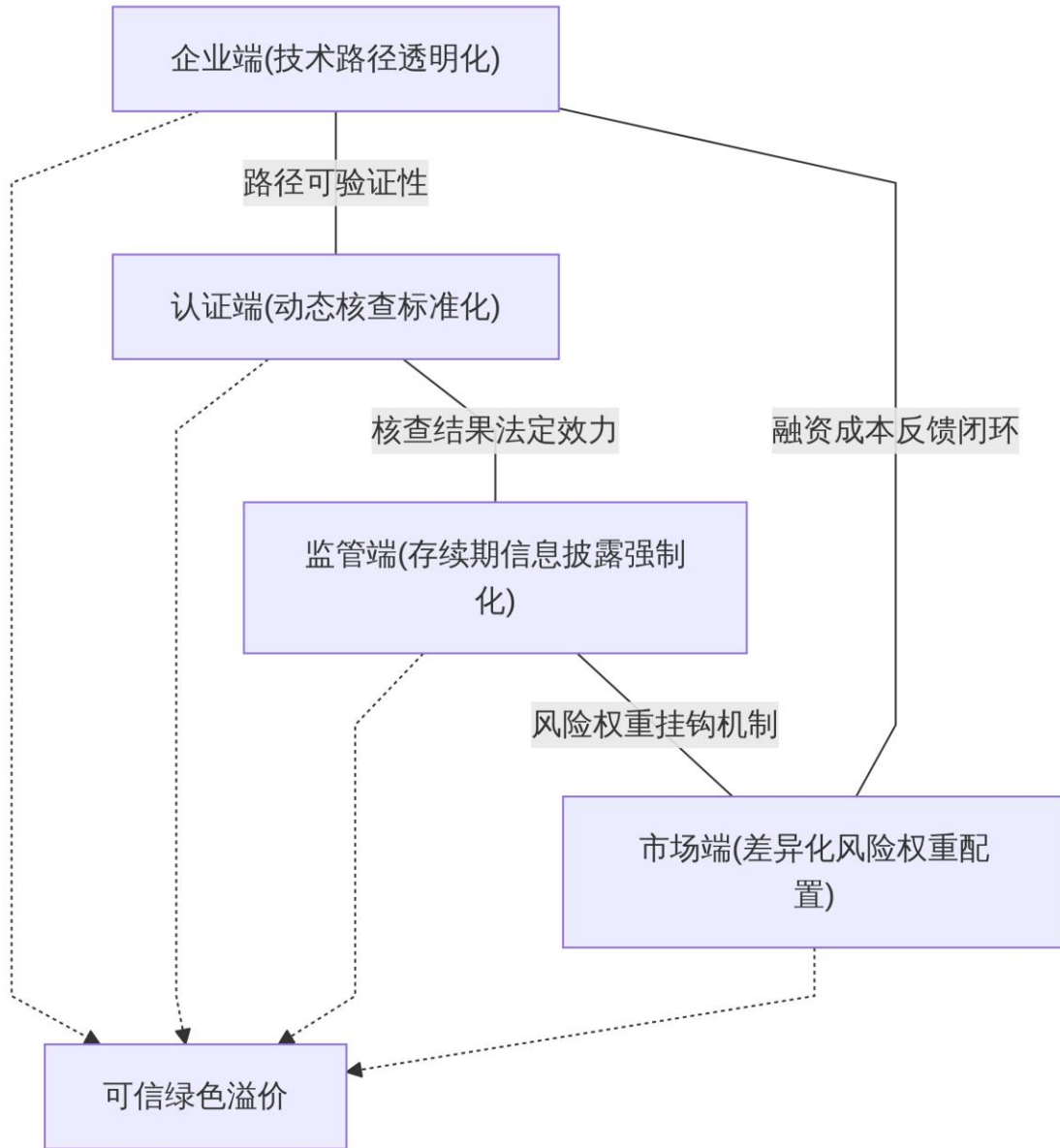


图 5. 绿色转型债券有效定价的三大支柱协同机制

6. 结论

6.1 核心结论凝练

绿色转型债券在碳中和目标下已形成显著且异质化的融资成本优势，但二级市场反应呈现“强信号、弱解析”特征：发行公告引发显著正向价格冲击，却缺乏对转型路径可信度的差异化定价。溢价本质是市场对技术适配性、政策连续性与资产搁浅风险等转型不确定性进行的跨期贴现，而非静态环保属性的简单补偿。

6.2 理论贡献辨析

本研究突破绿色金融研究中“标签中心主义”范式，将高耗能企业绿色转型过程中的技术刚性、路径依赖与治理复杂性内生化为债券定价的核心变量，而非仅依赖外部认证标签。此举弥合了环境经济学中转型动态建模

与公司金融中信用风险定价之间的理论断层，构建起可量化、可检验的跨学科分析接口，推动绿色债券研究从静态合规评估转向动态过程嵌入。

6.3 实践延伸方向

面向碳中和目标的绿色金融实践亟需强化技术可信度与履约协同性。建议证券交易所率先试点“转型债券技术成熟度分级标识”，依据项目所处技术生命周期阶段实施差异化信息披露要求；推动商业银行将项目级碳减排进度纳入贷后管理 KPI 体系，实现融资约束与气候绩效动态挂钩；进一步探索转型债券发行方在全国碳市场配额履约周期内的激励相容机制，例如将超额完成减排量转化为可交易信用或融资成本优惠，从而构建跨市场正向反馈闭环。

参考文献：

- [1] 马骏, 孙天印. 碳中和背景下的绿色金融与转型金融[J]. 金融论坛, 2021, 26(8): 3-7.
- [2] 王遥, 曹畅. 我国转型债券的发展现状、挑战与推进建议[J]. 证券市场导报, 2022(4): 45-53.
- [3] 张丽宏, 刘一鸣, 廖理. 绿色债券信用利差及其中介效应研究[J]. 金融研究, 2021(10): 93-111.
- [4] 李建发, 张婷. 绿色证券化、ESG 表现与高耗能企业融资溢价[J]. 会计研究, 2023(5): 78-91.
- [5] 祁怀锦, 刘艳霞. 转型金融工具对高碳企业低碳转型的激励效应分析：以转型债券为例[J]. 改革, 2022(9): 112-125.
- [6] 郭晔, 房向东. “双碳”目标下企业发行绿色债券的市场反应与治理效应[J]. 经济研究, 2023, 58(4): 156-173.
- [7] 苏冬蔚, 连莉莉. 绿色信贷是否影响企业的资本配置效率? [J]. 经济研究, 2018, 53(12): 118-133.
- [8] BAKER M, BERGSTRESSER D, SERAFEIM G, et al. Financing the response to climate change: The pricing and ownership of green bonds[J]. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 2022, 57(6): 2321-2348.
- [9] FLAMMER C. Green bonds: Effectiveness and implications for public policy[J]. Environmental and Energy Policy and the Economy, 2020, 1(1): 95-128.
- [10] TANG D Y, ZHANG Y. Do investors care about corporate social responsibility? Evidence from the stock market reaction to green bond issuance[J]. Journal of Corporate Finance, 2020, 61: 101423.
- [11] COCHRAN J, DEAN M. Market pricing of sustainability-linked and transition bonds: Evidence from Chinese primary market[J]. International Review of Financial Analysis, 2023, 89: 102754.
- [12] BARALDI L, FINOLI M. Greenwashing risk and the signaling effect of green bond certification[J]. Journal of Banking & Finance, 2022, 142: 106558.