

doi:10.19920/j.cnki.jmsc.2026.07.010

极端气温暴露与企业的债券融资成本^①

何青^{1,2}, 姚天宇^{1*}, 冯浩铭¹, 陈昭晶¹

(1. 中国人民大学财政金融学院, 北京 100872; 2. 中国财政金融政策研究中心, 北京 100872)

摘要: 基于2007年—2022年我国上市企业分支机构所在地气温的栅格数据, 本研究首次计算了各个季节行业内公司利润对气温的敏感程度, 并测算了分行业—季度极端气温阈值。在此基础上, 研究了企业极端气温暴露程度(即在一年内气温超过极端气温阈值的天数), 对其债券融资成本的影响。研究发现: 1) 极端气温对中国企业的盈利能力存在广泛且显著的影响, 59.7%的行业对气温的变动表现出了敏感性; 2) 极端气温暴露显著增加了企业债券融资成本, 且在高温暴露和负面暴露下影响更为显著, 而在低温暴露和正面暴露下则无显著影响; 3) 极端气温暴露更加显著地增加了民营企业、非贸易企业和劳动密集型企业债券发行利率。进一步的研究表明, 极端气温暴露降低了企业绩效、增加违约概率, 导致了企业的债券融资成本上升, 良好的环境表现能够有效地对冲极端气温对债券融资成本的影响, 而外部融资依赖度越高的企业其债券融资成本越容易受到极端气温的影响。

关键词: 极端气温暴露; 债券融资成本; 违约率

中图分类号: F832 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2026)07-0141-15

0 引言

近年来, 全球极端气候事件频发, 以全球变暖为主要特征的气候变化, 给自然环境和人类经济活动造成了极大的影响和挑战。根据世界气象组织2024年发布的报告^[1], 2023年世界平均气温超出前工业化时代1950年—1900年1.45℃, 打破人类174年的气象历史纪录。预测显示, 若世界平均气温超出前工业化时代1.5℃, 人类的生存挑战、粮食安全、淡水资源和经济增长将受到更严重影响。

新兴市场国家在应对气候变化方面的技术储备和资源投入相对不足, 更容易受到极端气候事件的影响。我国是易受气候变化不利影响最大的

新兴市场国家, 《中国适应气候变化进展报告(2023)》指出, 20世纪中叶以来, 中国温升水平高于同期全球平均水平。2022年, 气候暖干特征明显, 旱涝灾害突出。2023年天气气候更加复杂, 极端降水、台风、高温、寒潮等极端天气气候事件频发^②。作为重要的非传统安全因素, 气候变化所带来的长期不利影响和突发极端事件, 已经成为我国基本实现社会主义现代化和建设美丽中国进程中面临的重要风险^③。党的二十届四中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》明确提出, “加快经济社会发展全面绿色转型, 建设美丽中国”^④, 并将其列为经济工作的重点任务。如何主动地适应气候的变化, 采取相应的应对措施, 是当前我国面临现实

① 收稿日期: 2024-10-31; 修订日期: 2026-05-12。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(72473146); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(24XNN005)。

通讯作者: 姚天宇(2001—), 男, 内蒙古呼和浩特人, 博士生。Email: tianyuyao@ruc.edu.cn

② 中华人民共和国生态环境部, 《中国适应气候变化进展报告(2023)》。

③ 生态环境部等, 《国家适应气候变化战略2035》。

④ https://www.gov.cn/zhengce/202510/content_7046050.htm

而紧迫的任务. 回答这一问题的关键在于深入地分析气候变化对微观主体的影响和风险评估, 这对我国相关政策的制定, 提升企业等生产经营主体应对气候变化的能力至关重要.

鉴于气候变化的复杂性, 本研究选取了最能反映我国气候特征的气温作为研究对象, 系统地研究了极端气温冲击对企业债券融资成本的影响. 已有研究成果表明, 极端气温影响农作物产量^[2]、劳动生产效率^[3]、能源^[4]等生产要素投入和消费类市场需求^[5]等. 极端气温对发达国家和发展中国家的影响也存在差异性, 例如, 极端气温对非洲地区发展中国家居民影响更大, 对农业生产的负面影响更为显著^[6]. 然而, 现有的研究极少有人关注极端气温对新兴市场国家企业融资成本的影响. 事实上, 极端气候不仅直接冲击企业的生产经营^[7, 8], 还可能通过改变企业的盈利能力、现金流稳定性及信用资质^[9], 间接影响其在资本市场的融资能力与成本. 特别是, 债券市场作为金融市场的重要组成部分, 构成企业融资的重要来源^[10, 11], 在依赖债务融资的新兴经济体中, 极端气温, 这一气候风险若未能被有效识别与定价, 可能导致金融资源配置扭曲, 加剧系统性金融风险^[12, 13]. 我国与其他新兴市场国家类似, 企业以债务类融资为主^[14], 金融衍生产品市场发展相对不足, 难以对冲极端气温对企业生产经营的影响. 极端气温极有可能成为影响企业债券融资成本的重要因素. 首先, 极端气温可能会显著增加企业的营业成本, 影响消费者的需求, 降低企业的营业收入和盈利水平^[7, 8], 进一步加剧债权人对企业信用风险的担忧, 最终反映在更高的债券融资成本上. 其次, 极端气温暴露可能会增加企业的潜在违约概率, 投资者会要求更高的风险溢价, 进而推高债券的信用利差. 最后, 极端气温会使得依赖于外部融资的企业更容易陷入财务困境, 从而增加了企业的债券融资成本.

为了验证极端气温对债券融资成本的影响, 本研究收集了 2007 年—2022 年各上市公司及其

子公司的经纬度坐标数据和逐小时气温栅格数据, 构建企业层面的极端气温暴露的指标. 需要注意的是, 气温超过特定阈值才能对经济产生显著的影响^[8, 15], 然而现有的研究, 往往简单划定单一阈值(如 0℃和 30℃)和当地历史气温分位数作为极端气温阈值, 忽视了极端气温的行业属性^[5, 8]. 考虑到不同行业在资本结构、劳动力结构、经营特征等方面存在显著差异, 其对于气温的敏感程度可能存在较大差异. 同时不同财务季度的气温特征也存在显著区别, 因此本研究估计了不同行业分季度的极端气温阈值.

本研究估计极端气温阈值的大致流程如下. 首先, 基于 2007 年—2022 年上市公司及其子公司的经纬度坐标数据和气温栅格数据, 本研究计算了上市公司及其子公司在不同财务季度的气温分布, 并在上市公司层面进行等权平均, 作为该上市公司的季度气温分布. 在此基础上, 本研究选择了证监会二级行业分类作为分类标准, 按行业和财务季度分成将样本公司分成了不同的行业—季度组合.

其次, 本研究采用切比雪夫多项式函数型回归(Chebyshev functional regression), 研究了各个行业—季节组合内气温对企业每股盈利(*EPS*)的响应函数及置信区间^⑤. 极端气温的阈值即为响应函数开始显著异于零时的气温, 也就是, 当气温高于(低于)该阈值时, 气温变动开始对上市公司 *EPS* 产生显著正向(负向)影响. 这一方法允许不同行业在不同季度的极端气温阈值存在差异, 同时也考虑了极端气温暴露对企业业绩的正面或负面的影响, 从而可以进一步区分行业—季节的极端高温和极端低温阈值, 以及正面和负面的极端气温阈值. 估计结果表明, 极端气温对中国企业的盈利能力存在广泛且显著的影响, 在全部 62 个行业中, 59.7% 的行业对气温的变动表现出了敏感性. 在 248 个行业—财务季度的企业组合中, 22.6% 的组合存在极端气温阈值, 其中高温阈值和低温阈值的占比分别为 9.3% 和 13.3%, 正面

⑤ Schlenker 和 Roberts^[2]、Addoum^[7] 的研究指出, 相较于传统的线性回归, 函数型回归能够更好地捕捉 *EPS* 与气温之间的复杂关系.

阈值和负面阈值的比例分别为10.5%和12.1%。

根据行业-季度极端气温阈值,本研究计算了企业在债券发行日前365 d内,当日气温超过阈值的天数,构建了衡量企业受极端气温影响程度的代理变量,即极端气温暴露,并将极端气温暴露纳入到影响企业债券发行利率的模型中。根据极端气温阈值性质的不同,本研究进一步分别计算了企业高温暴露、低温暴露、正面暴露和负面暴露的程度,研究其对企业债券发行成本的影响。实证结果表明,极端气温暴露与企业债券发行利率正相关。极端气温暴露每增加一个标准差,债券发行利率增加8.5个基点,相当于企业的发债成本平均增加了4.38%。极端高温暴露和负面极端气温暴露时间频率每增加一个标准差,债券发行利率分别增加10.5个基点和8.6个基点。异质性检验结果显示,极端气温暴露会显著提高非国有企业、劳动密集型企业 and 非贸易企业债券发行利率。本研究的实证结果在考虑了南北方气候差异、使用替代指标、采用广义矩估计方法(GMM)和增加控制变量等方法下依然稳健。

进一步地,本研究研究了极端气温暴露对企业盈利水平和企业违约概率的影响,并比较了不同外部融资依赖度的公司中,极端气温暴露与企业债券融资成本关系的差异性,从而探究企业极端气温暴露影响其债券融资成本的潜在机制。本研究发现极端气温暴露与企业的绩效显著负相关,而与企业的违约概率显著正相关。在更高的外部融资依赖或更差的环境表现情况下,极端气温暴露与企业债券融资成本的正相关关系更加显著。本研究也发现,在高气候脆弱性地区^[16]、气候脆弱性行业以及消费品行业^[17],极端气温暴露对企业的债券融资成本影响更为显著。

相较已有的研究成果,本研究的贡献在于:首先,在考虑了行业和季节差异性的情况下,本研究首次全面系统地研究了中国企业利润对气温的敏感性,以此估计了不同行业分季度的极端气温阈值,并区分了高温和低温阈值、正面和负面阈值进行分析,为我国不同行业制定相应的气候风险应对政策提供了有益的参考。其次,本研究详细论证

了极端气温暴露对我国企业债券融资成本影响的程度和机制,将极端气温暴露纳入到债券发行利率的决定因素中,拓展了债券融资成本的定价因素。最后,本研究的结论提供了丰富的管理启示和政策建议。面对日益频繁的极端气温冲击,位于气温敏感性行业的企业应当认识到自身面临的气候风险,积极进行气候风险管理;企业应当注重环境表现^[18, 19],以对冲极端气温对债券融资成本的负面影响;监管部门应进一步完善和出台相应的气候政策,加快我国企业的绿色低碳转型;金融市场也应该开发和完善气候风险对冲工具,帮助企业更好地应对极端气温的冲击,降低融资成本。

1 文献回顾与研究假设

企业的债券发行利率反映了企业潜在的违约风险^[20]和财务状况^[21]等特征,同时也受投资者预期的影响^[22]。从企业运营的角度出发,气候变化带来的物理风险会对企业的生产经营造成不利的影响,增加了企业的信用风险^[9]。已有研究表明气候风险会增加企业的生产成本,降低企业的营业收入^[8],增加了企业现金流波动率^[23]。同时,气候变化带来的转型风险也会对企业财务稳定性和可持续性造成不利的影响^[24-26]。随着全球向低碳经济的转型,气候风险暴露更强的企业在未来可能面临着更强的监管,导致其面临技术更新,市场接受度以及资金短缺等多重风险^[27]。从投资者的角度来看,随着投资者对于气候风险的认知程度不断增强,投资者会对面临气候风险的企业发行的证券要求风险溢价。事实上,随着气候风险对实体经济的影响增强以及投资者的认识程度提高,气候风险越来越成为影响债券市场的重要因素^[28]。由此可见,最能刻画我国气候风险的极端气温冲击,极有可能成为影响我国企业债券发行利率的重要因素。

极端气温暴露如何影响企业的债券融资成本呢?

首先,企业的盈利水平与其债券融资成本负相关^[29]。极端气温暴露会显著增加企业的营业成

本,改变消费者的需求^[16],降低企业的营业收入和盈利水平^[8, 30],从而增加了企业的债券融资成本. 其次,极端气温暴露可能会增加企业的潜在违约概率. 一方面,极端气温暴露可能降低企业的财务稳定性和长期可持续性^[8, 23];另一方面,在适应新的监管准则和市场需求过程中,极端气温暴露越强的企业,其未来现金流受到的影响越严重,进而损害了企业价值和信用水平^[13]. 此外,随着市场对气候风险认知的加深以及气候相关政策的实施,投资者可能会将极端气温暴露更多地纳入衡量企业潜在的违约概率中,从而要求更高的回报率^[9, 31]. 最后,从企业外部融资依赖角度来考虑,企业自身的现金流难以覆盖各项经营支出,极端气温暴露可能增加了企业短期内修补减值资产和长期内进行绿色转型投资的资金需求^[32],同时减少了企业可支配的自由现金流^[23],加剧了企业的财务困境. 越依赖于外部融资的企业,越有可能推迟或放弃原有的投资,从而影响了企业未来的现金流和市值,同时其偿债能力也因为现金流的减少而受到影响^[33]. 因此,极端气温暴露使得依赖于外部融资的企业更容易陷入财务困境,从而增加了企业的债券融资成本.

基于以上讨论,本研究的第一个假设如下.

假设 1 极端气温暴露与企业的债券发行利率显著正相关.

不同的行业在不同的季节对极端气温的敏感程度存在显著的差异. 例如,夏季的持续高温会恶化农作物的生长环境,加大了农业企业的经营风险^[2],但同时也增加了市场对制冷设备和能源的需求^[7],相应的电力、煤电等行业相关的企业也因此获益. 而在冬季持续的低温一方面会降低人们的出行意愿^[34];另一方面会导致航班取消和铁路关闭^[35],进而对航空运输业和铁路运输业的企业业绩造成负面影响.

由此可见,负面极端气温暴露会对企业的生产经营造成不利冲击,加大了企业的财务风险. 同时,考虑到我国受到持续低温影响的企业占比较少. 本研究的第二个假设如下.

假设 2 高温暴露、负面暴露会更加显著地

增加企业的债券发行利率.

极端气温暴露对企业债券融资成本的影响,可能因企业的所有权性质,劳动密集度以及参与国际贸易的程度出现差异性. 国有企业更容易获得外部资金,比非国有企业面临更低的破产风险^[36-39],同时投资者也预期国有企业具有更低的违约风险. 因此,相较于国有企业,当非国有企业面临极端气温冲击时,投资者可能对其要求更高的风险补偿,从而增加了企业的债券融资成本.

劳动密集型企业生产过程中更容易受到极端气温的影响^[15]. 一方面,劳动密集型企业的生产依赖大量劳动力,而极端气温会显著降低劳动力的生产效率. 另一方面,劳动密集型企业通常需要较长的户外工作时间,增加了劳动力在极端气温下的暴露时长,进一步降低了企业的生产效率. 因此,极端气温暴露会更加显著地降低劳动密集型企业的生产效率,恶化了企业的经营业绩,增加了企业的债券融资成本.

贸易企业提供的产品和服务能够在国家和地区之间交易,而非贸易企业的产品和服务则不易跨国家和地区交易,因此非贸易企业的经营更多地依赖企业所在地当地的需求^[7, 30]. 极端气温不仅会影响企业的生产,还会影响消费者的需求^[5],当企业面临极端气温暴露时,非贸易企业的经营业绩将受到更强的影响. 因此,极端气温暴露更显著增加了非贸易企业债券发行成本. 综上所述本研究提出假设 3.

假设 3 对于非国有、劳动密集型和贸易企业,极端气温暴露与企业的债券发行利率更加显著地正相关.

2 研究设计和数据描述

2.1 极端气温阈值

本研究的极端气温阈值定义为对企业业绩开始产生显著影响的气温,即当企业面临的气温低于(高于)对应的低温(高温)阈值时,企业业绩受到显著影响. 因此,本研究首先将企业的 *EPS* 对

企业所在地的气温进行回归,验证企业业绩与气温之间的关系.大量研究气候影响的文献指出,气温对农业生产、企业经营、劳动力供给等变量的影响存在较强的非线性^[7, 15, 20],因此本研究参考Addoum等^[7]的做法,使用函数型回归来测量企业EPS对气温的敏感性.函数型回归允许EPS与气温之间存在非线性关系,能够更好地捕捉EPS与气温之间的复杂关系.具体方程见式(1).

$$EPS_{i,j,t} = \int_{\tilde{h}}^{\tilde{h}} g_j(h) \varphi_{i,t}(h) dh + Controls_{i,j,t-1} + \varepsilon_{i,j,t} \quad (1)$$

其中 $EPS_{i,j,t}$ 是行业 j 的企业 i 在季度 t 的每股盈利, $\varphi_{i,t}(h)$ 为上市企业 i 各分支机构季度 t 在温度 h 的加权平均时间分布, $g_j(h)$ 为行业 j 的盈利水平受气温 h 的边际影响, $Controls_{i,j,t-1}$ 为滞后一期的控制变量,包括企业规模、资产负债率、账面市值比、过去一季度是否发生损失和企业所在地的降水量^[7],方程中控制了企业固定效应和季度固定效应.相较于直接使用普通多项式对 $g_j(h)$ 进行逼近,使用切比雪夫多项式能够避免过拟合、减小最大拟合误差、避免在区间边缘大幅偏离 $g_j(h)$,且计算简便^[40],因此本研究选择使用切比雪夫多项式近似 $g_j(h)$.出于模型的灵活性和简约性考虑,本研究选择三阶切比雪夫多项式^⑥.

$g_j(h)$ 反映了行业 j 在气温 h 下,气温对企业每股盈利(EPS)的边际影响,当气温 $\tilde{h}$ 使得 $g_j(\tilde{h})$ 在95%的显著性水平下异于零时,说明在气温 $\tilde{h}$ 下,企业经营受到气温的显著影响.若对于特定的行业-季度组合,存在 $\tilde{h}$ 使得当气温高于(低于) $\tilde{h}$ 时, $g_j(h)$ 持续显著异于零,说明该行业-季度组合对极端气温具有敏感性,此时 $\tilde{h}$ 为高温(低温)阈值.阈值的含义为当气温高于(低于)该临界值时,气温会对企业业绩产生显著的影响.

为估计企业的极端气温阈值,本研究首先从国泰安数据库获取上市公司及其子公司名称,通过国家企业信用信息公示系统查询其注册地址,

并利用百度地图API获取对应经纬度.气温和降水数据来自ERA5-Land数据集^[41],该数据是空间分辨率为 $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ (约 $9\text{ km} \times 9\text{ km}$)的经纬度栅格数据,数据时间跨度为2007年—2022年,数据时间频率为逐小时^⑦.本研究将企业经纬度匹配至ERA5-Land数据集中最近的栅格点,对逐小时气温采用线性插值构建连续曲线;对每家上市公司,将其母公司与所有子公司的气温分布和降水量等权平均,聚合为公司层面的季度面板数据.

为避免极端值影响,连续型变量均经过1%缩尾处理.本研究对62个行业进行估计,结果表明极端气温对37个行业在5%显著性水平上具有显著的边际影响,占比59.7%.图1展示了部分极端气温敏感行业的企业的盈利与气温之间的非线性关系.表1展示了对极端气温敏感的行业及对应的气温阈值.为了检验极端气温对企业的业绩影响是否具有经济显著性,本研究选取对极端气温表现出敏感性的行业-季度组合,以气温分布尾部5%的气温作为临界点,将高于(低于)临界点的时间增加一倍,企业的每股盈利相较全样本均值下降6.1%,这说明总的来看极端气温对于我国企业经营具有负面影响.其中,正敏感企业暴露于5%分位点外气温的时间增加一倍,每股盈利相较于样本均值增加29.5%,负敏感企业暴露于5%分位点外气温的时间增加一倍,每股盈利相较于样本均值下降37.9%.

表1显示,我国大多数行业对极端气温表现出敏感性,几乎涉及所有行业门类.基于企业极端气温阈值,本研究进一步计算了企业的极端气温暴露程度.如表1所示,企业的极端气温阈值可以分为高温阈值和低温阈值,若企业当日气温低于(高于)低温(高温)阈值,则记企业在当日受到低温(高温)冲击;根据气温对企业业绩影响的方向可以进一步将阈值分为正面阈值和负面阈值,若企业当日气温超出正面(负面)阈值,则记企业在

⑥ 具体估计过程由于篇幅所限不在正文中展示,相关内容可向作者索取.

⑦ 本研究使用的上市公司及子公司数据和气候数据的描述性统计相关内容可向作者索取.

当日受到正面(负面)冲击. 本研究将企业在某一时间窗口内受到冲击的天数称为企业的极端气温

暴露, 根据冲击的类型可以具体分为高温暴露、低温暴露、正面暴露和负面暴露.

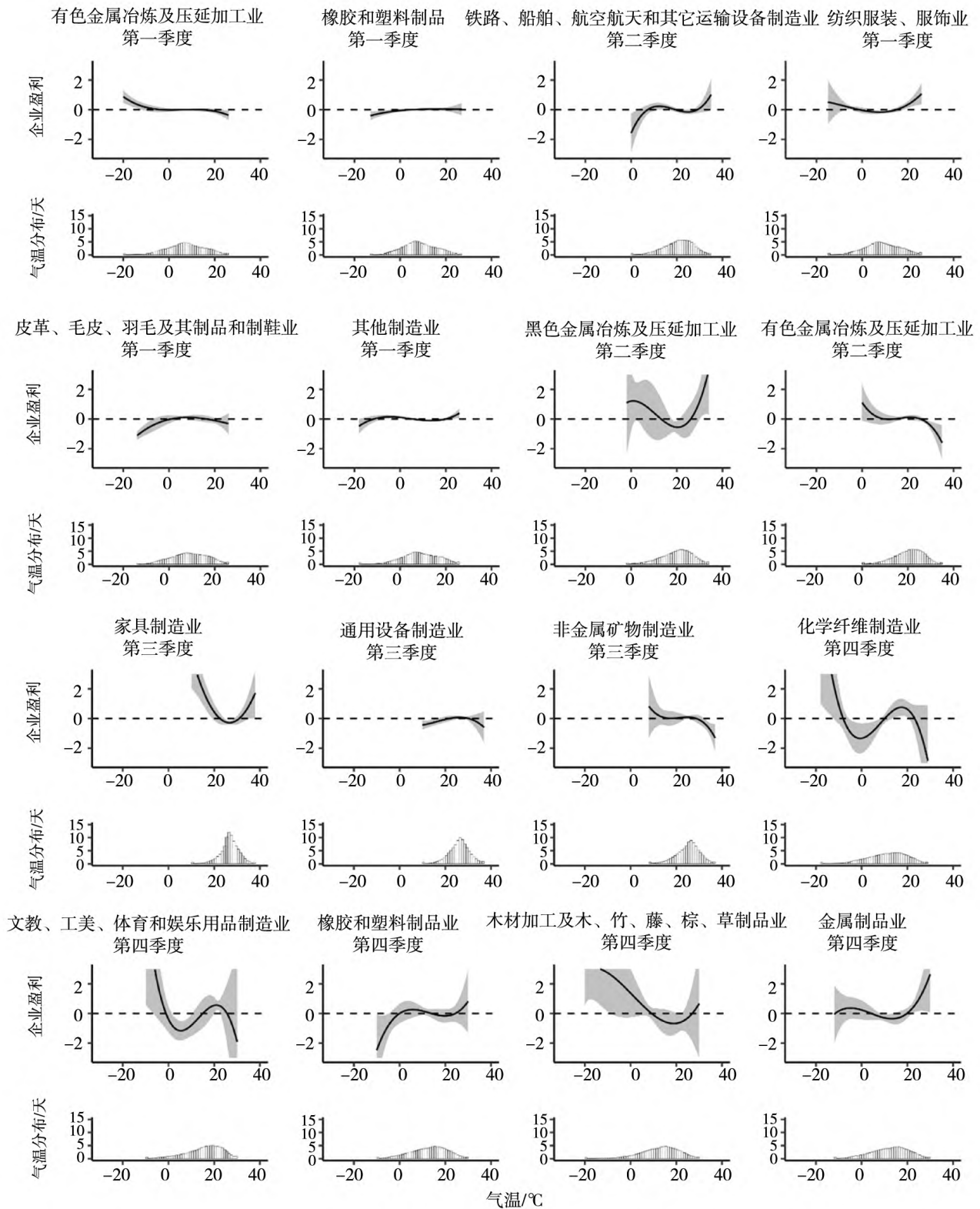


图 1 企业盈利与气温的非线性关系

Fig. 1 The nonlinear relationship between corporate profitability and temperature

表 1 极端气温阈值表
Table 1 Extreme temperature thresholds

阈值类型		Q1(冬)	Q2	Q3(夏)	Q4
低温冲击敏感性	正面冲击	商务服务业(-17.7 ℃) 水的生产和供应业(-5.4 ℃) 新闻和出版业(-12.3 ℃) 有色金属冶炼及压延加工业(-12 ℃)	公共设施管理业(4 ℃) 水的生产和供应业(9 ℃) 水上运输业(5.4 ℃) 卫生(7.9 ℃)	公共设施管理业(8 ℃) 家具制造业(19.1 ℃) 研究和试验发展(17 ℃) 专业技术服务业(12.4 ℃)	化学纤维制造业(-12.3 ℃) 木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业(-8.7 ℃) 文教、工美、体育和娱乐用品制造业(-6.8 ℃) 专业技术服务业(-6.1 ℃)
	负面冲击	航空运输业(-9.4 ℃) 农业(-10.1 ℃) 皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业(-7.1 ℃) 软件和信息技术服务业(-12.6 ℃) 生态保护和环境治理业(-10.2 ℃) 铁路运输业(-9.8 ℃) 橡胶和塑料制品业(-3.3 ℃)	航空运输业(10.7 ℃) 铁路、船舶、航空航天和其它运输设备制造业(2.7 ℃) 铁路运输业(17.8 ℃)	互联网和相关服务(9.9 ℃) 铁路运输业(16.2 ℃) 通用设备制造业(16.3 ℃)	教育(-8.8 ℃) 燃气生产和供应业(-1.6 ℃) 铁路运输业(4.1 ℃) 橡胶和塑料制品业(-4.8 ℃)
高温冲击敏感性	正面冲击	仓储业(26.9 ℃) 纺织服装、服饰业(18.1 ℃) 互联网和相关服务(26.1 ℃) 其他制造业(23.1 ℃)	黑色金属冶炼及压延加工业(30.1 ℃) 互联网和相关服务(32.6 ℃)	家具制造业(35.7 ℃) 开采辅助活动(30.6 ℃) 煤炭开采和洗选业(32.9 ℃)	金属制品业(22.3 ℃)
	负面冲击	印刷和记录媒介复制业(20.7 ℃) 有色金属冶炼及压延加工业(22.7 ℃) 渔业(23.2 ℃)	电力、热力生产和供应业(31.9 ℃) 公共设施管理业(29.7 ℃) 金属制品业(28.2 ℃) 有色金属冶炼及压延加工业(27.5 ℃)	非金属矿物制品业(32.2 ℃) 公共设施管理业(30.8 ℃) 农业(35.4 ℃) 研究和试验发展(37.5 ℃)	批发业(25.5 ℃) 渔业(24.2 ℃)

2.2 基准回归模型

为了检验企业面临的极端气温暴露对企业发债成本的影响,本研究使用如下模型对极端气温暴露对公司债融资成本的影响进行估计。

$$Spread_{i,j,t} = \alpha_i + \delta_t + Exposure_{i,j,t} + Control_{i,j,t-1} + \varepsilon_{i,j,t} \quad (2)$$

其中 $Spread_{i,j,t}$ 为企业 i 在 t 日发行的债券 j 的融资成本,为债券发行利率与其同期限的国债收益率之差, α_i 为企业固定效应, δ_t 为债券发行日所

在年度的年度固定效应, $Exposure_{i,t}$ 为企业在发行日 t 前一年(365 d)的累积极端气温暴露天数,考虑到极端气温对企业业绩影响的差异性,本研究也分别考虑了低温暴露、高温暴露、正面暴露和负面暴露的程度,定义为上市企业总部及其分支机构超出对应阈值的天数。

$Control_{i,j,t-1}$ 为企业和债券层面控制变量,包括债券评级、债券规模、债券期限、企业杠杆率、企业规模、速动比率、产权性质^[42], $\varepsilon_{i,j,t}$ 为误差

项. 债券数据来源于 Wind 数据库, 本研究选择上市公司发行的公司债、企业债和中期票据三类债券作为研究对象, 时间跨度为 2007 年—2022 年, 剔除上市公司于上市前发行的债券、发行利率缺失债券后共获得 4 160 个债券样本. 表 2 展示了用于估计极端气温暴露对债券融资成本的变量的描述性统计. 可以看到, 企业债券融资成本平均为 1.9%, 标准差为 1.23%, 最小值为 -0.46%, 最大值为 6.78%, 说明不同企业的债券融资成本存在较大差异, 与窦超等^[43]的变量统计类似^⑧; 债券评级平均为 1.693, 平均来看

样本中企业债券的债券评级良好; 核心解释变量极端气温暴露 *Exposure* 的均值为 19.2, 代表企业过去一年中气温超过阈值的天数平均为 19.2, 标准差为 28.7, 说明企业极端气温暴露情况存在较大差异; 高温暴露的均值为 14.4, 低温暴露的均值为 5.0, 说明平均来看发债企业主要面临高温暴露; 负面暴露的均值为 13.5, 正面暴露的均值为 5.8, 说明发债企业主要面临负面暴露; 发债企业较多为国有企业, 样本中约 60% 的发债企业为国有企业; 外部融资依赖度均值为 0.133.

表 2 债券和企业层面的描述性统计

Table 2 Descriptive statistics at the bond and corporate levels

变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
<i>Spread</i>	4 160	1.947	1.230	-0.460	6.780
<i>Term</i>	4 160	4.085	1.557	1.000	15.000
<i>Amount</i>	4 160	6.814	0.842	2.303	9.903
<i>Bond rating</i>	3 762	1.693	0.858	1.000	6.000
<i>Exposure</i>	4 160	19.207	28.721	0.000	93.000
<i>Exposure_{heat}</i>	4 160	14.351	26.144	0.000	93.000
<i>Exposure_{cold}</i>	4 160	4.960	15.872	0.000	92.000
<i>Exposure_{negative}</i>	4 160	13.477	25.388	0.000	93.000
<i>Exposure_{positive}</i>	4 160	5.834	16.872	0.000	88.000
<i>quick</i>	4 121	0.756	0.447	0.155	2.885
<i>lev</i>	4 147	0.630	0.155	0.215	0.888
<i>Size</i>	4 143	24.726	1.659	21.310	28.262
<i>SOE</i>	4 160	0.679	0.467	0.000	1.000
<i>Op. income</i>	4 129	-0.010	0.057	-0.355	0.140
<i>DTD</i>	4 078	7.479	4.530	1.758	24.837
<i>EFD</i>	4 130	0.133	0.300	-1.927	0.818

3 实证结果

3.1 基准回归

本研究估计式(2)以检验极端温度冲击对企业债券融资成本的影响. 本研究逐步引入不同的控制变量, 首先, 表 3 中列(1)展示了在不加入控

制变量情况下的回归结果; 表 3 中列(2)中引入了发行规模和债券期限作为控制变量, 以控制债券发行特征的影响; 表 3 中列(3)进一步加入了债券评级、杠杆率和速动比率, 以控制信用风险的影响; 最后, 表 3 中列(4)在前述控制变量的基础上, 加入了企业规模和产权性质, 以控制企业特征的差异性. 回归结果如表 3 所示.

⑧ 窦超等^[43]的研究表明, 企业的债券发行利差均值为 2%, 标准差为 1.1%.

表 3 极端气温暴露对企业债券发行利率的影响

Table 3 The impact of extreme temperature exposure on corporate bond issuance rates

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>Spread</i>	<i>Spread</i>	<i>Spread</i>	<i>Spread</i>
<i>Exposure</i>	0.003 ** (0.001)	0.003 ** (0.001)	0.003 ** (0.001)	0.003 ** (0.001)
<i>Term</i>	—	-0.058 *** (0.018)	-0.048 *** (0.014)	-0.047 *** (0.014)
<i>Amount</i>	—	-0.081 *** (0.023)	-0.074 ** (0.028)	-0.074 *** (0.027)
<i>Bond_rating</i>	—	—	0.173 *** (0.057)	0.158 *** (0.060)
<i>quick</i>	—	—	-0.144 (0.095)	-0.144 (0.095)
<i>lev</i>	—	—	1.084 *** (0.407)	1.151 ** (0.473)
<i>Size</i>	—	—	—	-0.011 (0.072)
<i>SOE</i>	—	—	—	-0.358 ** (0.156)
常数项	1.821 *** (0.028)	2.613 *** (0.184)	1.675 *** (0.420)	2.167 (1.660)
企业固定效应	包含	包含	包含	包含
年份固定效应	包含	包含	包含	包含
观测值	3 857	3 857	3 422	3 415
<i>R</i> ²	0.820	0.824	0.825	0.826

注：括号内为聚类到行业层面的稳健标准误。***、**、* 分别代表在 1%、5% 和 10% 水平下显著，下同。

各列结果基本保持一致，企业面临的极端气温暴露程度与债券融资成本呈显著正相关关系。根据列(4)，企业在债券发行日前一年窗口内极端气温暴露每增加一个标准差，债券融资成本增加 8.5 个基点，或者相对于平均发行利率增加 4.

4%，具有经济显著性。

进一步的，本研究使用四类极端气温暴露作为自变量，分别进行 OLS 回归以探究不同类型极端气温暴露对于企业债券融资利率的异质性影响，结果如表 4 所示。

表 4 不同类型气温暴露对债券融资利率的影响

Table 4 The impact of different types of temperature exposure on bond financing rates

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>Spread</i>	<i>Spread</i>	<i>Spread</i>	<i>Spread</i>
<i>Exposure_{heat}</i>	0.004 ** (0.002)	—	—	—
<i>Exposure_{cold}</i>	—	0.000 (0.002)	—	—
<i>Exposure_{negative}</i>	—	—	0.003 ** (0.001)	—
<i>Exposure_{positive}</i>	—	—	—	0.001 (0.004)
常数项	2.086 (1.653)	2.175 (1.644)	2.090 (1.676)	2.180 (1.664)
控制变量	包含	包含	包含	包含
企业固定效应	包含	包含	包含	包含
年份固定效应	包含	包含	包含	包含
观测值	3 415	3 415	3 415	3 415
<i>R</i> ²	0.826	0.825	0.826	0.825

表 4 列(1)和列(2)的结果表明,低温暴露对于债券融资成本无显著影响,而企业的高温暴露会显著地增加企业债券融资成本;表 4 列(3)和列(4)的结果表明,正面暴露对企业债券融资成本无显著影响,而负面暴露能够显著增加企业的债券融资成本.已有文献普遍表明,企业所面临的气候风险与其融资成本之间存在显著的正相关关系^[28, 44].本研究实证结果表明,只有企业面临的负面暴露和高温暴露会显著增加其债券融资成本,说明了气候风险对企业的债券融资成本存在异质性影响,不能一概而论,丰富了已有文献的研究结论.

表 5 异质性分析

Table 5 Heterogeneity analysis

变量	产权性质		贸易企业		劳动密集型行业	
	国有	非国有	是	否	是	否
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>Exposure</i>	0.001 (0.002)	0.008 * (0.004)	0.003 (0.003)	0.004 ** (0.002)	0.007 *** (0.002)	0.001 (0.002)
常数项	2.096 (1.645)	9.446 ** (3.735)	6.817 ** (2.645)	-4.858 (3.246)	1.152 (2.214)	2.891 (2.926)
控制变量	包含	包含	包含	包含	包含	包含
企业固定效应	包含	包含	包含	包含	包含	包含
年份固定效应	包含	包含	包含	包含	包含	包含
观测值	2 349	1 040	1 249	1 374	1 392	1 746
R^2	0.788	0.797	0.780	0.854	0.841	0.819

异质性分析结果表明,极端气温暴露对非国有企业债券发行利率影响更为显著,表明国有企业对极端气温暴露带来的下行风险具有更强的抵抗力,因此其债券融资成本受极端气温暴露的影响弱于非国有企业;极端气温暴露对非贸易企业和劳动密集型行业的影响更为显著,说明极端气温暴露对企业需求端和生产端造成了明显的负面冲击.

4 稳健性检验^⑨

4.1 极端气温的区域性影响

不同温度带的气温条件存在明显差异,位于较热地区的企业与位于较冷地区的企业可能对气温展现出不同的敏感性.本研究仿照 Ad-

3.2 异质性分析

本研究从产权性质、企业是否为贸易品公司和企业是否属于劳动密集型行业三个层面探讨极端气温暴露对企业债券融资成本的影响.首先,按照债券发行企业是否属于国有企业,将样本分为国有企业发行债券和非国有企业发行债券两组,其次,参考 Addoum 等^[7]和 Mian 和 Sufi^[30]的做法,将企业分为贸易企业(tradable)和非贸易企业(non-tradable);最后,参考 Addoum 等^[7]和 Graff-Zivin 和 Neidell^[15]的做法,将行业分为劳动密集型和劳动密集型行业.异质性分析结果如表 5 所示.

doum 等^[7]的做法对上述猜想进行了检验,结果表明对于绝大多数行业-季度组合而言,温度带因素并不影响企业对气温的敏感性,排除了前述猜想.

4.2 不同的模型设定和变量选择

为了保证实证结果的稳健性,本研究进行以下检验.首先,使用债券发行所在季度的前四季度累积极端气温暴露替换解释变量.其次,分别剔除了气温不敏感行业的样本,剔除了疫情期间的样本;再次,使用债券发行前五年(剔除发行前一年)的平均极端气温暴露作为工具变量,使用广义矩估计方法进行回归;最后,进一步控制债券发行前一年的 β ,累积前十二月的股票收益和账面市值比等控制变量^[45].上述稳健性检验结果与基准结果保持一致,进一步支持了本研究结论的

⑨ 该部分的实证结果可向作者索取.

稳健性。

5 进一步的检验和分析

为了探究极端气温暴露影响企业债券融资成本的作用机制,本研究进一步从企业的业绩、违约概率和企业的外部融资依赖度这几个视角,检验极端气温暴露与企业债券发行利率的内在联系。

如假设1所述,极端气温暴露可能会对企业业绩和企业违约概率产生直接影响,进而影响企业的债券融资成本。本研究使用债券发行所在年份营业利润/资产总额衡量企业业绩(*Op. income*)^[9];使用债券发行所在年份的违约距离(*DTD*)衡量企业的违约概率^[33],违约距离越大,企业的违约概率越小。将企业业绩和违约距离分别作为被解释变量代入式(2)进行估计,估计结果如表6列(1)和列(2)所示。结果显示极端气温暴露显著降低了企业的营业利润,增加了企业的违约概率,验证了极端气温暴露对企业业绩和违约概率的直接影响。

此外,企业外部融资依赖程度可能会放大极端气温暴露对企业债券融资成本的影响。本研究参考He等^[37]和Duchin等^[46]的做法计算企业的

外部融资依赖度(*EFD*),将企业的外部融资依赖度与企业的极端气温暴露构建交互项代入式(2)进行估计,结果如表6列(3)所示。结果表明,外部融资依赖程度与极端气温暴露的交互项显著为正,说明外部融资依赖度越高的企业,其债券融资成本受到极端气温暴露的影响越强。

进一步考虑企业环境表现能否缓解极端气温暴露对企业债券融资成本的负面影响。已有文献表明,环境绩效好的企业一般更能抵御气候物理风险和监管风险。这些公司往往有更好的风险管理措施,能减少极端气温对企业运营的直接影响^[47, 48],同时其良好的环境表现意味着其面临的监管和转型风险更小^[19]。因此,企业的环境表现极有可能缓解极端气温暴露对企业债券融资成本的影响。

本研究采用CNRDS的ESG评级数据,参考Huynh和Xia^[49]的做法,直接选择企业的E分项得分衡量企业的环境表现,与企业极端气温暴露构建交互项,代入式(2)进行回归,结果如表6列(4)所示。结果显示,企业环境表现与极端气温暴露的交互项在5%的显著性水平上为负,表明企业的环境表现能够起到有效地缓解极端气温风险的作用。

表6 进一步检验与分析结果

Table 6 Further testing and analysis results

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>Op. income</i>	<i>DTD</i>	<i>Spread</i>	<i>Spread</i>
<i>Exposure</i>	-0.001 *** (0.000)	-0.016 ** (0.008)	-0.002 (0.002)	0.005 *** (0.002)
<i>Exposure × EFD</i>	—	—	0.007 ** (0.003)	—
<i>EFD</i>	—	—	0.093 (0.171)	—
<i>Exposure × EScore</i>	—	—	—	-0.014 ** (0.007)
<i>EScore</i>	—	—	—	0.184 (0.247)
常数项	-0.305 (0.283)	-22.872 (13.933)	2.144 (1.679)	2.480 (1.677)
控制变量	包含	包含	包含	包含
企业固定效应	包含	包含	包含	包含
年份固定效应	包含	包含	包含	包含
观测值	3 402	3 381	3 406	3 405
<i>R</i> ²	0.482	0.795	0.827	0.827

6 结束语

本研究首次测量了中国上市公司业绩对于气温的敏感性,基于气温敏感性构建了我国上市公司的行业极端气温阈值. 本研究发现,一方面,极端气温对我国上市企业的业绩产生了普遍影响,约 59.7% 的行业表现出了对极端气温的敏感性;另一方面,我国部门对极端气温的敏感性具有明显的季节性,往往只在特定季节表现出对极端气温的敏感性.

本研究根据行业极端气温阈值进一步测量了我国上市公司的极端气温暴露情况,并检验了极端气温暴露与企业债券融资成本之间的关系. 本研究发现企业面临的极端气温暴露显著地增加了债券融资成本,分暴露类型来看,高温暴露和负面暴露更为显著地增加了企业的债券融资成本,低温暴露和正面暴露无显著影响. 异质性检验表明,极端气温暴露对非国有企业、劳动密集型行业企业、非贸易企业的债券融资成本具有更强的影响. 进一步的机制检验表明,极端气温暴露通过降低企业的经营业绩和增加企业的违约概率增加了企业的债券融资成本. 同时,外部融资依赖程度越高的企业,其债券融资成本受极端气温暴露的影响越强;而企业的环境表现则能够有效缓解极端气温暴露的影响,企业的环境表现越好,极端气温暴露对债券融资成本的提高作用越弱.

根据以上结论,本研究得出以下管理启示: 1) 我国上市企业需要认识到极端气温对债券融资溢价有实质性影响,提高对极端气温风险管理的重视程度,且非国有企业、劳动密集型行业和非贸易企业应当更加重视极端气温风险. 2) 我国企业应当积极进行绿色转型,提高企业的

环境表现,对冲极端气温暴露对企业经营和融资的不利影响. 3) 监管部门应当探索企业气候风险信息披露制度,建立资本市场气候风险分担机制,推出对冲气候风险的金融产品,帮助企业降低融资成本.

随着气候变化对全球经济的深远影响日益加剧,中国企业的债券融资成本可能会持续受到极端气温事件的显著影响. 本研究揭示了企业面临的极端气温暴露会增加企业的债券融资成本. 然而,随着全球极端气温事件日益频繁,极端气温可能会对更多类型的金融资产产生显著的影响;同时,中国大力推进绿色转型,在优化产业结构、推行绿色生产方式、建设绿色低碳产业链等方面均取得了巨大成就,这可能会改变极端气温对债券融资成本的具体传导机制. 基于此,未来的研究可以进一步探讨以下几个方面:首先,本研究的分析可以进一步拓展到其他金融市场,例如银行贷款市场、股票市场、外汇市场等,尽管气候变化通常被视为总体风险因素,但它往往包含显著的地区风险因素,因此在我国背景下进一步地分析极端气温的影响十分必要;其次,极端气温对不同行业具有不同的影响,关键市场参与者(如分析师和投资者)是否能够理解这些复杂的关系,这个重要的问题仍留待未来研究;再次,我国的绿色转型取得了巨大成就,这如何影响极端气温对经济的影响以及其传导机制. 例如,随着绿色债券等气候友好型融资工具的逐步发展,企业是否能够通过这些创新型金融工具降低因气候风险带来的融资成本? 最后,如何设计合理的金融衍生产品以有效对冲企业面临的气候风险? 这些问题的解答将为政策制定者和市场参与者提供更为丰富的决策依据,并有助于加深对气候变化与金融市场之间复杂关系的理解,亟需进一步深入研究.

参 考 文 献:

- [1] IPCC. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report[R]. Geneva: IPCC, 2023: 1–34.
- [2] Schlenker W, Roberts M J. Nonlinear temperature effects indicate severe damages to US crop yields under climate change[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2009, 106(37): 15594–15598.
- [3] Cai X, Lu Y, Wang J. The impact of temperature on manufacturing worker productivity: Evidence from personnel data[J]. Journal of Comparative Economics, 2018, 46(4): 889–905.
- [4] Zhang S, Guo Q, Smyth R, et al. Extreme temperatures and residential electricity consumption: Evidence from Chinese households[J]. Energy Economics, 2022, 107: 105890.

- [5] Addoum J M, Ng D T, Ortiz-Bobea A. Temperature shocks and establishment sales[J]. *The Review of Financial Studies*, 2020, 33(3): 1331–1366.
- [6] Ayanlade A, Oluwaranti A, Ayanlade O S, et al. Extreme climate events in sub-Saharan Africa: A call for improving agricultural technology transfer to enhance adaptive capacity[J]. *Climate Services*, 2022, 27: 100311.
- [7] Addoum J M, Ng D T, Ortiz-Bobea A. Temperature shocks and industry earnings news[J]. *Journal of Financial Economics*, 2023, 150(1): 1–45.
- [8] Pankratz N, Bauer R, Derwall J. Climate change, firm performance, and investor surprises[J]. *Management Science*, 2023, 69(12): 7352–7398.
- [9] 陈雨恬, 杨子晖, 温雪莲. 高温冲击下的企业信用违约与宏观经济波动[J]. *管理科学学报*, 2025, 28(1): 100–118.
- Chen Yutian, Yang Zihui, Wen Xuelian. Corporate credit defaults and macroeconomic fluctuations under the impact of high temperatures[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2025, 28(1): 100–118. (in Chinese)
- [10] 江轩宇, 贾 婧, 刘 琪. 债务结构优化与企业创新——基于企业债券融资视角的研究[J]. *金融研究*, 2021, (4): 131–149.
- Jiang Xuanyu, Jia Jing, Liu Qi. Debt structure optimization and corporate innovation: A study from the perspective of corporate bond financing[J]. *Journal of Financial Research*, 2021, (4): 131–149. (in Chinese)
- [11] 杨国超, 盘宇章. 信任被定价了吗? ——来自债券市场的证据[J]. *金融研究*, 2019, (1): 35–53.
- Yang Guochao, Pan Yuzhang. Is trust priced? Evidence from the bond market[J]. *Journal of Financial Research*, 2019, (1): 35–53. (in Chinese)
- [12] 张大永, 张跃军, 王玉东, 等. 气候金融的学科内涵、中国实践与热点前沿研究[J]. *管理科学学报*, 2023, 26(8): 1–15.
- Zhang Dayong, Zhang Yuejun, Wang Yudong, et al. Climate finance: Theoretical advancements, Chinese practice, and cutting-edge research[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2023, 26(8): 1–15. (in Chinese)
- [13] 杨子晖, 陈雨恬, 温雪莲, 等. 气候金融风险的冲击影响、风险感知与政策应对[J]. *中国工业经济*, 2025, (4): 5–22.
- Yang Zihui, Chen Yutian, Wen Xuelian, et al. The impact, perception and policy response of climate financial risk[J]. *China Industrial Economics*, 2025, (4): 5–22. (in Chinese)
- [14] He Q, Lu H, Xue C, et al. Unlocking China's banking competition: The role of clan culture[J]. *Journal of Contemporary China*, 2025: 1–29.
- [15] Graff Zivin J, Neidell M. Temperature and the allocation of time: Implications for climate change[J]. *Journal of Labor Economics*, 2014, 32(1): 1–26.
- [16] 郑 艳, 潘家华, 谢欣露, 等. 基于气候变化脆弱性的适应规划: 一个福利经济学分析[J]. *经济研究*, 2016, 51(2): 140–153.
- Zheng Yan, Pan Jiahua, Xie Xinlu, et al. From climate change vulnerability to adaptation planning: A perspective of welfare economics[J]. *Economic Research Journal*, 2016, 51(2): 140–153. (in Chinese)
- [17] Porter M E. Consumer behavior, retailer power and market performance in consumer goods industries[J]. *The Review of Economics and Statistics*, 1974: 419–436.
- [18] 王腊芳, 袁 甜, 谢 锐. 环境违法违规与债务融资成本[J]. *管理科学学报*, 2023, 26(4): 193–208.
- Wang Lafang, Yuan Tian, Xie Rui. Corporate environmental violations and debt financing cost[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2023, 26(4): 193–208. (in Chinese)
- [19] 邱牧远, 殷 红. 生态文明建设背景下企业 ESG 表现与融资成本[J]. *数量经济技术经济研究*, 2019, 36(3): 108–123.
- Qiu Muyuan, Yin Hong. An analysis of enterprises' financing cost with ESG performance under the background of ecological civilization construction[J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2019, 36(3): 108–123. (in Chinese)
- [20] Fisher L. Determinants of risk premiums on corporate bonds[J]. *Journal of Political Economy*, 1959, 67(3): 217–237.
- [21] Cavallo E A, Valenzuela P. The determinants of corporate risk in emerging markets: An option-adjusted spread analysis[J].

- International Journal of Finance & Economics, 2010, 15(1): 59–74.
- [22] Flannery M J, Öztekin Ö. Leverage expectations and bond credit spreads[J]. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 2012, 47(4): 689–714.
- [23] Huang H H, Kerstein J, Wang C. The impact of climate risk on firm performance and financing choices: An international comparison[J]. Journal of International Business Studies, 2018, 49: 633–656.
- [24] 陈国进, 陈凌凌, 金昊, 等. 气候转型风险与宏观经济政策调控[J]. 经济研究, 2023, 58(5): 60–78.
Chen Guojin, Chen Lingling, Jin Hao, et al. Climate transition risk and macroeconomic policy regulation[J]. Economic Research Journal, 2023, 58(5): 60–78. (in Chinese)
- [25] 杨子晖, 李东承, 陈雨恬. 金融市场的“绿天鹅”风险研究——基于物理风险与转型风险的双重视角[J]. 管理世界, 2024, 40(2): 47–67.
Yang Zihui, Li Dongcheng, Chen Yutian. Research on the “green swan” risk in financial markets: Based on the dual perspectives of physical risk and transition risk[J]. Journal of Management World, 2024, 40(2): 47–67. (in Chinese)
- [26] Chai J, Zhang X, Zhang X, et al. Effects of scenario-based carbon pricing policies on China’s dual climate change mitigation goals: Does policy design matter? [J]. Journal of Management Science and Engineering, 2023, 8(2): 167–175.
- [27] Battiston S, Dafermos Y, Monasterolo I. Climate risks and financial stability[J]. Journal of Financial Stability, 2021, 54: 100867.
- [28] Painter M. An inconvenient cost: The effects of climate change on municipal bonds[J]. Journal of Financial Economics, 2020, 135(2): 468–482.
- [29] Franke B, Müller S, Müller S. The q-factors and expected bond returns[J]. Journal of Banking & Finance, 2017, 83: 19–35.
- [30] Mian A, Sufi A. What explains the 2007–2009 drop in employment? [J]. Econometrica, 2014, 82(6): 2197–2223.
- [31] Zhang Z, Xu Y, Su F. Climate policy uncertainty and dynamic volatility spillovers in Chinese stock market: Based on sectoral evaluation[J]. Journal of Management Science and Engineering, 2025, 10(3): 332–347.
- [32] Benincasa E, Betz F, Gattini L. How do firms cope with losses from extreme weather events? [J]. Journal of Corporate Finance, 2024, 84: 102508.
- [33] Kaviani M S, Kryzanowski L, Maleki H, et al. Policy uncertainty and corporate credit spreads[J]. Journal of Financial Economics, 2020, 138(3): 838–865.
- [34] Becken S. The Importance of Climate and Weather for Tourism: Literature Review[R]. Lincoln: Lincoln University, LEaP, 2010: 1–23.
- [35] Vajda A, Tuomenvirta H, Juga I, et al. Severe weather affecting European transport systems: The identification, classification and frequencies of events[J]. Natural Hazards, 2014, 72: 169–188.
- [36] 韩鹏飞, 胡奕明. 政府隐性担保一定能降低债券的融资成本吗? ——关于国有企业和地方融资平台债券的实证研究[J]. 金融研究, 2015, (3): 116–130.
Han Pengfei, Hu Yiming. Does the bond with government implicit guarantee usually have the lower capital cost? An empirical study on the bonds of the state-owned enterprises and the local financing platforms[J]. Journal of Financial Research, 2015, (3): 116–130. (in Chinese)
- [37] He Q, Xue C, Zhu C. Financial development and patterns of industrial specialization: Evidence from China[J]. Review of Finance, 2017, 21(4): 1593–1638.
- [38] 王博森, 吕元稹, 叶永新. 政府隐性担保风险定价: 基于我国债券交易市场的探讨[J]. 经济研究, 2016, 51(10): 155–167.
Wang Bosen, Lü Yuanzhen, Ye Yongxin. Pricing the risk of implicit government guarantee: Evidence from the Chinese corporate bond market[J]. Economic Research Journal, 2016, 51(10): 155–167. (in Chinese)
- [39] 方红星, 施继坤, 张广宝. 产权性质、信息质量与公司债定价——来自中国资本市场的经验证据[J]. 金融研究, 2013, (4): 170–182.
Fang Hongxing, Shi Jikun, Zhang Guangbao. Ownership type, information quality, and corporate bond pricing: The empirical evidence from capital market in China[J]. Journal of Financial Research, 2013, (4): 170–182. (in Chinese)
- [40] Mason J C, Handscomb D C. Chebyshev Polynomials[M]. New York: Chapman and Hall/CRC, 2002.

- [41] Muñoz Sabater J. ERA5-Land hourly data from 1950 to present[DB/OL]. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS), 2019. DOI: 10.24381/cds.e2161bac.
- [42] Campbell J Y, Taksler G B. Equity volatility and corporate bond yields[J]. The Journal of Finance, 2003, 58(6): 2321–2350.
- [43] 窦超, 姚潇, 陈晓. 政府背景大客户与债券发行定价——基于供应链视角[J]. 管理科学学报, 2021, 24(9): 59–78.
- Dou Chao, Yao Xiao, Chen Xiao. Major government-background customers and bond issuance pricing: Perspective from supply chains[J]. Journal of Management Sciences in China, 2021, 24(9): 59–78. (in Chinese)
- [44] Huang H H, Kerstein J, Wang C, et al. Firm climate risk, risk management, and bank loan financing[J]. Strategic Management Journal, 2022, 43(13): 2849–2880.
- [45] Huang K, Petkevich A. Corporate bond pricing and ownership heterogeneity[J]. Journal of Corporate Finance, 2016, 36: 54–74.
- [46] Duchin R, Ozbas O, Sensoy B A. Costly external finance, corporate investment, and the subprime mortgage credit crisis[J]. Journal of Financial Economics, 2010, 97(3): 418–435.
- [47] Ghisetti C, Quatraro F. Beyond inducement in climate change: Does environmental performance spur environmental technologies? A regional analysis of cross-sectoral differences[J]. Ecological Economics, 2013, 96: 99–113.
- [48] Gupta M C. Environmental management and its impact on the operations function[J]. International Journal of Operations & Production Management, 1995, 15(8): 34–51.
- [49] Huynh T D, Xia Y. Panic selling when disaster strikes: Evidence in the bond and stock markets[J]. Management Science, 2023, 69(12): 7448–7467.

Extreme temperature exposure and corporate bond financing costs

HE Qing^{1, 2}, YAO Tian-yu^{1*}, FENG Hao-ming¹, CHEN Zhao-jing¹

1. School of Finance, Renmin University of China, Beijing 100872, China;

2. Center for Financial Policy Studies, Renmin University of China, Beijing 100872, China

Abstract: This study investigates the impact of extreme temperature exposure on corporate bond financing costs in China. Using raster temperature data matched with the geographical locations of subsidiaries of listed firms over the period 2007–2022, this paper first estimates industry-level temperature sensitivities of corporate profitability by season and derives industry-quarter-specific extreme temperature thresholds. Based on these thresholds, it constructs a measure of firm-level extreme temperature exposure, defined as the annual number of days on which local temperatures exceed the corresponding threshold, and examines its effect on bond issuance yields. The results show that: 1) Extreme temperatures exert widespread and significant effects on corporate profitability, with 59.7% of industries exhibiting statistically significant temperature sensitivity; 2) Greater extreme temperature exposure is associated with higher bond financing costs, an effect driven primarily by heat and negative temperature deviations, whereas cold and positive deviations show no significant impact; And 3) The adverse effect is more pronounced for non-state-owned enterprises, non-tradable goods enterprises, and labor-intensive firms. Mechanism analyses indicate that extreme temperature exposure impairs firm performance and elevates default risk, thereby raising financing costs. It further finds that strong environmental performance mitigates this adverse effect, while firms with higher reliance on external financing are more vulnerable to temperature shocks. These findings highlight climate physical risk as a financially material factor in corporate debt markets.

Key words: extreme temperature exposure; bond financing costs; default rate