

气候风险、环境行动与地方政府债券发行定价

顾乃康, 邱奇唯

(中山大学管理学院, 广东 广州 510006)

摘要: 气候风险是否引起投资者关注并在金融市场的资产定价中得以合理反映是气候金融学关注的重要问题之一。以气候风险中最具破坏性、影响范围最广的干旱风险为例, 通过考察干旱风险对地方债发行定价的影响, 进而对此问题展开探讨。研究发现, 干旱风险显著提高了地方债发行时的信用利差和到期收益率, 这种影响在农业产量较高、经济发展水平较低的省市自治区所发行的地方债中更为明显, 而干旱风险对地方财政的冲击以及投资者对气候变化的关注度是干旱风险被定价的重要机制。进一步的研究表明, 诸如地方水利建设、南水北调工程建设等基于水资源改善的环境行动在总体上能够减轻投资者对未来气候风险的负面预期, 进而降低地方债发行时的干旱风险溢价。总之, 气候风险已成为影响我国地方债发行定价的重要因素之一, 且基于水资源改善的环境行动在抑制气候风险所引起的融资成本提升中发挥着积极作用。

关键词: 气候风险; 干旱风险; 地方政府债券; 信用利差; 环境行动

中图分类号: F812.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-0566(2025)01-0157-18

Climate risk, environmental action and issuance pricing of local government bond

GU Naikang, QIU Qiwei

(School of Business, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: One of the most important issues in climate finance is whether climate risks are attracting investors' attention and reasonably pricing in the financial markets. To address this issue, this paper takes drought risk, which is the most destructive and widely climate risk caused by climate change, as a proxy for climate risk and empirically examines its impact on the issuance pricing of local government bond. We find that drought risk significantly increases the credit spread and yield of local government bond, especially in the agriculturally dependent and less developed province. Mechanism analysis indicates that drought risk premium is embedded in issuance pricing through fiscal pressure intensification and investor climate awareness. Further research indicates that environmental actions committed to improving water resources, such as local water conservancy construction and the South-to-North Water Diversion Project, can mitigate investors' negative concerns about future climate risks, thereby reducing the drought risk premium in local government bond. Overall, climate risks have become one of the important factors affecting the issuance pricing of local government bond, and environmental actions committed to improving water resources restrain the rise in financing costs caused by climate risks.

Key words: climate risk; drought risk; local government bond; credit spread; environmental actions

收稿日期: 2024-10-18 修回日期: 2024-12-29

基金项目: 国家自然科学基金面上项目“中国场景下气候风险与企业财务行为: 影响、作用路径与经济后果”(72372165)。

作者简介: 顾乃康(1965—), 男, 江苏无锡人, 中山大学管理学院教授, 博士, 研究方向为公司金融。通信作者: 邱奇唯。

气候变化已经成为全球当下以及未来都要面临的重要挑战之一。政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第六次评估报告指出,2011—2020 年平均温升相比工业化前提高了 1.09°C ,一旦升温幅度超过 1.5°C ,将会对气候系统造成不可逆的影响,采取应对气候变化的行动迫在眉睫。为应对气候变化带来的严峻挑战,世界诸多国家于 2015 年 12 月共同签署了《巴黎协定》,致力于在 21 世纪内将气温上升幅度控制在 2°C 以内,并力争实现控制在 1.5°C 以内的目标。作为《巴黎协定》的缔约方之一,中国于 2020 年 9 月在联合国大会上向全世界宣布,将采取更加有力的政策和措施,使碳排放量在 2030 年前达到峰值,努力争取在 2060 年前实现碳中和。在此背景下,学者们开始考察由气候变化引起的气候风险是否引起投资者的充分关注并在金融市场的资产定价中得以合理反映。尽管已有部分研究探讨了气候风险在股票市场^[1-2]、债券市场^[3-4]和房地产市场^[5-6]的定价问题,但是现有文献对于气候风险是否得到充分定价并未得出一致的结论,如 Painter^[4]发现海平面上升风险显著提高了美国市政债券的发行成本,Baldauf 等^[6]发现房地产价格中反映了对气候风险的异质性信念,而 Hong 等^[2]则认为股票市场对气候风险的反应尚显不足。此外,目前还鲜有研究探讨气候风险对中国地方债发行定价的影响以及地方政府的环境行动在其中产生的作用。本文试图通过对上述问题展开深入研究,从而弥补现有文献的欠缺。

中国的地方债市场为探究气候风险是否得到充分定价这一问题提供了一个有利的场景。第一,地方债通常用于基础设施的融资,而气候变化引发的自然灾害对这些基础设施建设的冲击造成了直接的影响^[7],这有助于本文发现气候风险对地方债发行定价的关系。此外,由于发行主体的特殊性,地方政府需要承担自然灾害造成的直接经济损失以及应对气候变化而引起的转型支出,

因此相较于企业债券或股票等其他金融市场而言,地方债市场更有助于研究气候风险在地方债发行过程中的定价问题。第二,由于中央政府对环境问题的高度关注,中国各个省份均采取了不同程度的环境行动,这种区域间的环境行动异质性有助于本文探讨环境行动对气候风险定价程度的影响,从而为气候风险的定价问题提供间接的证据支持。第三,自 2015 年《新预算法》颁布后,中国地方债正式走向市场化和规范化^[8],并取得迅猛发展。在本文的样本期间内(2015 年 1 月—2019 年 12 月),各个省份共发行了 4874 只地方政府债券,发行规模总额超过 21 万亿元,且发行主体涉及 31 个省份。地方债市场的迅猛发展为本文的研究提供了足够的样本,发行主体的广泛区域分布也为本文探讨气候风险对地方债发行定价的影响提供了可能。

本文所指的气候风险是指由气候变化而不是气候条件所产生的风险,气候条件本身通常不会独自地导致风险的产生,只有当气候变化改变了生存环境、社会关系才会对经济发展、人类健康产生风险。气候变化导致极端自然灾害频发,包括干旱、洪涝、台风、热浪、低温等。本文聚焦于干旱风险,并将其作为气候风险的代理变量,其原因在于以下 3 个方面。第一,干旱风险带来的经济危害最为严重。现有研究表明,气候变化在全球范围内造成的各种自然灾害中,干旱灾害被认为是对经济活动最具破坏性的气候灾害^[9],因此将干旱风险作为气候风险的代理变量具有一定的代表性。第二,干旱风险并非只集中于某些特定区域,而是在全球范围内广泛存在,其不仅具有外生性、普遍性而且还具有随机性的特点^[10],这有助于本文识别气候风险与地方债发行定价之间的因果关系。第三,现有的气候学研究提供了一个能够反映气候变化的干旱监测指标,即 PDSI 指数。这个指数在构建过程中考虑了过去至少 30 年的气候干湿变化情况^[11],因此能够反映由气候变化而非气

候条件所决定的干旱风险,将其作为反映气候风险的代理变量具有理论上的合理性^①。

为了检验气候风险对地方债发行定价的影响,本文从 Wind 数据库获取到地方债样本数据,并采用地方债发行时的信用利差和到期收益率来反映其发行定价,仅考虑 2020 年之前的地方债样本数据以排除新冠病毒感染疫情对本文结论可能产生的混淆影响^[12]。为了衡量各省市自治区的干旱风险,本文基于 Palmer^[11] 的 PDSI 指数模型,结合卫捷等^[13]提出的更能准确反映中国情景的模型修正参数,计算得到我国 31 个省份(不含港澳台)2015 年 1 月—2019 年 12 月间的月度 PDSI 指数,以此测定当地的干旱风险。在将两个数据进行合并后,本文检验了各省份的干旱风险与地方债发行定价的关系,研究表明,干旱程度、干旱发生、严重干旱和持续干旱均显著提高了地方债发行时的信用利差和到期收益率,这意味着投资者关注到了由气候变化引起的干旱风险并要求了额外的干旱风险溢价。上述结论在采用标准化降水蒸散发量指数 SPEI 以及干旱造成的实际灾害程度替换干旱风险指标,采用不同的地方债信用利差定义,使用各省市自治区的太阳辐射强度进行工具变量检验等稳健性和内生性检验后依然稳健成立。

然后,本文从干旱风险对地方财政的冲击以及投资者的气候变化关注度两个视角检验了干旱风险对地方债发行定价的作用机制。研究表明:干旱风险特别是严重干旱或持续干旱显著加剧了地方政府的财政压力,这导致投资者在地方债发行时要求了更高的风险补偿,最终提高了地方债的发行定价;干旱风险对地方债发行定价的影响主要发生于投资者对气候变化和全球变暖关

注度较高的时期,这表明投资者的气候变化关注度是干旱风险溢价形成的重要机制之一。为了进一步论证上述机制,本文还从地方农业产量和经济发展水平展开异质性检验。研究结果表明,由于干旱风险会对农业产出造成严重冲击,因此投资者会对更依赖农业生产的省市自治区所发行的地方债要求更高的干旱风险溢价。而地方的经济发展水平能够缓解干旱风险对地方财政压力的潜在影响,进而降低地方债发行时投资者要求的干旱风险溢价。

最后,进一步探讨了地方水利建设和南水北调工程建设等基于水资源改善的环境行动对地方债干旱风险溢价的影响。研究表明,所在省份的水利建设程度越高、南水北调工程的受益程度越大,投资者对其地方债发行时要求的干旱风险溢价越低,这意味着政府的环境行动能够缓解投资者对气候变化影响的负面预期,同时也在一定程度上体现出现有的环境行动在应对气候变化方面的有效性。

本文的贡献主要体现在以下 3 个方面。第一,本文通过气候风险(干旱风险)与金融资产定价之间关系的研究,拓展了气候学和金融学的交叉研究,尤其是有助于推动针对我国情景的气候金融学的发展。经研究发现,由气候变化引起的最具破坏性和普遍性的干旱灾害会影响我国投资者在金融资产投资中所要求的回报率,并具体体现在地方债的发行定价中。第二,本文丰富了地方债发行定价决定因素的研究。以往的研究主要是围绕地方特征和债券特征来探索地方债发行定价的影响因素^[14-15],而本文则在此基础上发现气候风险也是影响我国地方债发行定价的重要因素之一,从而拓展了地方债领域的研究。第三,本文丰

① 在气候学中,降水量指数、土壤含水量等指标也是衡量干旱程度的常用指标,这些指标通过特定时点的横截面对比来判断该地区特定气候条件所决定的干旱程度,但却无法反映本文试图研究的由气候变化引起的干旱程度。如在以横截面的降水量指数来衡量干旱程度时,新疆通常会被认为是干旱较为严重的地区,但在基于时间序列的帕尔默干旱指数(PDSI)衡量干旱程度时,与过去至少 30 年的历史相比,新疆的干旱程度并没有变得更为严重。投资者可能不会对常年干旱的地区所发生的干旱风险做出定价反应,因为在常年干旱的地区其人口与经济活动早已变得稀少。相反地,当气候相对湿润的地区发生干旱时更有可能引起投资者的关注并在金融资产的定价中给予体现,因为在这些地区存在着大量的人口和密集的经济活动,一旦发生由气候变化引起的干旱就会对人类健康和经济发展产生重大的负面效应。因此,降水量指数、土壤含水量等基于横截面对比来判断干旱发生的指标并不能反映气候变化引起的干旱风险,而本文所选取的 PDSI 指数能够基于时间序列比较而较好地反映由气候变化引起的干旱风险。PDSI 的具体构建思路参见本文的“变量设定”。

富了我国针对水资源改善的环境行动的经济效果检验。研究发现诸如地方水利建设和南水北调工程建设等基于水资源改善的环境行动能够有效降低干旱风险的溢价水平,这不仅为降低我国地方政府的融资成本增添了新的视角,而且在一定程度反映了我国政府所采取的环境行动的有效性,并为我国推动绿色经济转型、实现碳中和目标提供了证据支持。

一、文献综述与研究假设

(一)文献综述

本文主要对有关气候风险及其定价以及地方债发行定价影响因素的文献做出综述。

1. 气候风险及其定价

从 20 世纪 70 年代起,全球变暖这一世界性难题开始受到关注,而全球变暖所引起的气候变化对经济发展的影响始终是学者们关注的研究重点,并逐步形成了气候经济学。从整体来看,一方面,气候变化制约了宏观经济增长,Burke 等^[16]在研究中指出,气候变化使得全球的经济增长遭受巨大损失,且预计到 2100 年因气候变化导致的全球经济增长率的下降幅度将达到 0.28%;另一方面,气候变化对微观企业造成了较大的冲击,气候变化引发的气候物理风险不仅降低了全球企业的经营收入,提高了经营成本^[17],还抑制了员工的劳动生产率,迫使企业采取更保守的决策行动^[18],而气候转型风险显著降低了能源企业的碳排放效率^[19]。

鉴于气候变化会对经济发展带来冲击和长期影响,近来学者们开始关注气候变化产生的风险问题以及气候风险的定价问题,并形成气候金融学的雏形。一方面,学者们检验了气候风险对整体金融资产价值造成的影响。如 Dietz 等^[7]发现,若各国不采取更积极的措施控制碳排放,气候风险将造成全球金融资产损失的期望值达到 2.5 万亿美元,占总资产的 1.8%。另一方面,学者们还检验了气候风险对个体金融资产价格造成的影响。如 Goldsmith-Pinkham 等^[3]和 Painter^[4]的研究发现,受海平面上升影响较大的地区在发行市政债券时面临更高的发行成本。

尽管气候变化引发的气候物理风险可以体现

在干旱、洪涝、台风、热浪、低温等自然灾害上,但近年来,由于干旱灾害具有深远经济影响、发生区域广泛以及发生时间随机等特点^[10],学者们开始将干旱风险作为气候风险的代理指标并据此做出检验,如 Do 等^[20]发现,商业银行在向遭受干旱风险的企业发放贷款时会收取更高的信贷利差,尤其是食品行业的企业。Hong 等^[2]基于 PDSI 指数对 31 个国家食品行业做出实证检验后发现,股票市场对于干旱风险并没有充分反应,然而,Huynh 等^[10]发现,干旱风险与权益资本成本之间存在着显著的正向关系,且干旱持续时间越长、干旱强度越高,投资者对权益资本所要求的风险溢价也就越大,由此印证美国股票市场对于干旱风险进行了充分定价。

从国内现有的研究成果看,国内学者主要集中于气候经济学研究,而对气候风险定价的研究尚处于起步阶段。在气候经济学领域,国内研究主要围绕气候变化的经济后果展开。一方面,气候变化会导致极端天气事件更为频繁地发生,进而抑制发达城市的绿色经济效率^[21],提高金融机构的信用风险^[22],降低企业的全要素生产率^[23];另一方面,在气候应对过程中,气候政策能够带来显著的就业效应^[24],促进发展中国家的绿色技术创新^[25],倒逼污染企业进行转型升级^[26],提升企业的环境绩效^[27]。在气候金融学中,仅有少数学者对气候风险以及定价问题展开初步讨论,如陈国进等^[28]基于气候转型风险的视角,考察绿色债券纳入央行合格抵押品范围这一绿色金融政策的影响,他们发现绿色金融政策的实施会显著降低绿色债券的信用利差,同时提高棕色债券的信用利差,且绿色金融政策还可以倒逼棕色企业进行绿色转型,实现棕色企业绿色创新数量和质量的提升。

2. 地方债发行定价的影响因素

2015 年《新预算法》颁布后,我国的地方债市场正式步入市场化和规范化的新阶段^[8]。尽管针对我国地方债发行定价影响因素的研究起步不久,但也取得了诸多进展。地方债发行定价的决定因素主要包括债券特征因素和地区特征因素。就债券特征而言,地方债的发行规模越大、发行期

限越短、信用评级越高,则地方债的发行定价就越低^[14]。从债券类型和发行方式看,一般地方债的发行定价通常低于专项地方债,而定向发行的地方债其发行定价通常高于公开发行的地方债^[15]。就地区特征而言,地区的经济发展水平越高,地方政府财政状况越好,则地方政府债券的信用风险越低且地方债的发行定价也就越低;政府隐性担保^[29]、土地市场波动^[30]等地区特征也会影响地方债的发行定价。

总之,目前国内针对气候变化问题的研究主要是围绕气候经济学展开的,而针对基于气候风险及其定价的气候金融学研究尚不多见。气候风险的合理定价对于优化金融资产配置至关重要。鉴于2020年9月我国政府提出“碳中和”目标并做出了相应的国际承诺,气候风险定价成为我国履行减缓全球气候变暖国际责任亟待关注的研究领域。此外,尽管针对基于债券特征和地区特征的地方债发行定价影响因素的研究较为丰富,但尚未有文献直接检验气候风险是否会影响我国地方债的发行定价。有鉴于此,本文选取干旱风险作为气候风险的代理变量,对气候风险与我国地方债发行定价的关系进行拓展性研究。

(二) 研究假设

随着对气候变化的日趋关注,人类社会和各国政府开始认识到由气候变化引起的气候风险将会是人类社会未来面临的重要挑战之一,而《京都议定书》和《巴黎协定》的实施将碳减排目标转化成了各国政府的应尽责任,并逐步落实到各级地方政府,这使得地方政府不仅要面临气候变化引发的更为频繁的极端自然灾害,承担气候物理风险对各个经济部门带来的直接经济损失,还要担负起向绿色经济、低碳经济转型的职责,承担转型过程中必不可少的气候转型成本,包括推进温室气体减排、提升自然生态碳汇能力、推动绿色技术开发、促进清洁能源发展、优化产业结构、提高各领域气候适应能力等方面的支出,这将加剧地方政府的财政压力。不仅如此,作为地方债的投资主体,商业银行和部分非银行机构开始关注气候变化所带来的影响,并将气候风险

纳入其投资决策中^[28]。因此,随着气候变化的进一步加剧,地方政府的转型压力和财政压力将随之提升,这将导致地方债投资者要求额外的气候风险溢价,并使得气候风险成为一个新的定价因子^[4]。

就干旱风险而言,已有研究表明,干旱不仅会对依赖水资源的农业和食品业、冶炼业、化工业、水力发电以及居民供水等造成直接的不利影响,而且还会通过各经济部门的关联性给整个经济系统带来严重的不利冲击^[2]。地方政府作为应对干旱等自然灾害的第一责任主体,不仅要承担抗旱赈灾支出以缓解干旱造成的社会民生问题,还需要在温室气体减排、污染防治、自然资源保护等多方面投入更多的气候转型支出以提高未来应对干旱风险等诸多气候风险的适应能力。这些财政支出不仅会提高地方政府的财政压力,还会削弱地方政府的偿债能力,促使投资者对其发行的地方债要求额外的风险溢价。基于上述分析,本文提出如下基本假设。

H:所在地的干旱风险越大,地方债的发行定价越高。

此外,气候风险能否在地方债发行中给予定价,在一定程度上取决于投资者的气候变化关注度。随着《巴黎协定》等全球性气候政策的颁布和实施,尽管气候变化开始引发人们的广泛关注,但人们对气候变化及其风险的信念可能尚未确立。Choi等^[31]指出,人们对于气候变化的信念受到自身有限注意力的影响,异常炎热的天气可能会使人们相信气候变化和全球变暖的现实,但在经历了异常寒冷的天气后,这种信念又可能被彻底动摇。也就是说,只有当气候变化引发的各种极端自然灾害风险日益突显时,投资者才会关注并认识到气候变化在未来可能造成的负面影响,进而将气候风险纳入投资决策中。因此,本文认为,投资者对气候变化的关注程度可能是干旱风险影响地方债发行定价的重要机制之一,并预期当投资者的气候变化关注度较高时,干旱风险在地方债发行时更易得以定价。

二、数据、变量和模型构建

(一) 数据来源与样本选取

随着2015年1月1日新《预算法》的正式生

效,我国地方债发行步入市场化和规范化的新阶段^[8],因此本文的地方债样本期间开始于 2015 年,为了排除新冠病毒感染疫情产生的混淆影响^[12],本文仅选取 2020 年之前发行的地方债作为研究样本,并进行了如下处理:第一,剔除了所有以宁波、青岛、厦门、大连和深圳 5 个计划单列市以及新疆生产建设兵团作为发行主体的地方债,这主要是为了与干旱指标统一以省份维度做出衡量;第二,剔除了含权地方债,也即剔除了 14 只含有提前偿还权利和 12 只含有提前赎回权利的地方债;第三,剔除了 5 只到期一次还本付息的地方债;第四,剔除了非平价发行的地方债,也即剔除了 2 只折价发行和 15 只溢价发行的地方债。经上述筛选后,本文共得到 4 826 只地方政府债券样本。上述地方债的相关数据来源于 Wind 数据库。此外,本文还从 Wind 数据库获取了国债收益率的数据,从中经网统计数据库获取了地区特征、宏观经济等方面的相关数据。

本文借鉴 Palmer^[11]的 PDSI 指数构建方法并根据卫捷等^[13]的建议进行了适应中国情景的模型参数修正,由此构建反映各省份干湿情况的 PDSI 指数。计算 PDSI 指数所需的基础数据尤其是蒸散发量、土壤水分供给量、径流量和土壤水分损失量等数据来源于中国气象数据网的中国地面气候资料日值数据集(V3.0)。此数据集涵盖了 1960—2019 年间分布于不同省份的 828 个气象站的气象原始数据。根据这些数据,还测算出各省份的标准化降水蒸散指数(SPEI 指数),并用于稳健性检验。此外,为了衡量干旱实际灾害程度,本文还从《中国统计年鉴》获取了 2015—2019 年各省份农作物的旱灾受灾、成灾和绝收面积数据。为了控制异常值对研究结论的影响,本文对所有连续变量均采用上下 1% 的缩尾处理。

(二) 变量设定

1. 地方债的发行定价

本文将地方债发行时的信用利差 *Spread* 和到期收益率 *Yield* 作为被解释变量,以此衡量地方债

的发行定价。由于本文所选取的样本为平价发行的地方债,所以发行时的到期收益率 *Yield* 即为票面利率。发行时的信用利差 *Spread* 定义为发行时的到期收益率与发行前 5 个工作日内同期限国债平均收益率的差值。

2. 干旱风险

本文主要采用 PDSI 指数构建干旱风险的相关指标。此外,本文还采用 SPEI 指数和干旱的实际灾害程度来反映干旱风险。具体变量定义和构建过程如下。

(1) PDSI 指数

PDSI 指数被誉为干旱指数发展史上的一个重要里程碑,在干旱事件分析、干旱序列重建以及干旱监测上有着广泛的应用,是目前国内外应用最为广泛的气象干旱指标之一^[10]。不同于仅依据实际降水量、土壤含水量等单一指标对于旱情况进行测定,PDSI 综合考虑了地区接收到的水分、存储在土壤中的水分以及温度导致的潜在水分流失,且依据至少 30 年以上的历史数据对地区的水分供需情况做出预测,并与实际情况进行比较,故而能够较好地测定一个地区在一段时期内由气候变化而引起的干旱^[11]。

考虑到 PDSI 指数测定模型的原始参数是基于美国中西部地区情形所设定的,所以国内学者在针对中国情景的研究基础上,修正了模型参数并构建了更能准确反映中国各地区干湿情况的修正 PDSI 指标^[13]。本文采用这种经修正的 PDSI 指标来反映干旱风险。具体而言,首先计算得到分布于不同省份 828 个气象站的月度 PDSI 数据,然后以各省份内各气象站月度的 PDSI 中位数作为各省份月度 PDSI 数据,最终得到 2015 年 1 月—2019 年 12 月间 31 个省份共计 1 860 个月度 PDSI 数据。

PDSI 指数的取值范围介于 -10 到 10 之间,当 PDSI 取值小于等于 -1 时表示发生干旱,且取值越小干旱程度越严重^②。有鉴于此,本文使用地方债发行前 1 个月所在省市自治区的 PDSI 指数直接

② PDSI 指数与干旱程度的对应关系设定如下:当 PDSI 取值在 $(-2, -1]$ 、 $(-3, -2]$ 、 $(-4, -3]$ 、 $(-5, -4]$ 和 $[-10, -5]$ 时,分别表示轻度干旱(即发生干旱)、中度干旱、严重干旱、极端干旱和异常干旱。

衡量干旱风险,用 $PDSI$ 表示。此外,还构建了反映是否发生干旱的虚拟变量 $Drought$,当地方债发行前 1 个月的 $PDSI$ 指数小于等于 -1 时, $Drought$ 取 1,即表示发生了干旱,反之取 0。由于干旱反映的气候变化不仅具有外生性和随机性,而且其发生的严重程度以及持续时间也可能是不同的,因此进一步构建了反映严重干旱的虚拟变量 $Severe$ 和反映持续干旱的虚拟变量 $Persist$ 。具体地,当地方债发行前 12 个月内发生过严重干旱(即 $PDSI \leq -3$)的情况时, $Severe$ 取 1,反之取 0;当地方债发行前出现持续 6 个月的干旱情况时, $Persist$ 取 1,反之取 0。

(2) SPEI 指数

考虑到中国地域辽阔,气候类型多样,仅用一种干旱指标可能难以准确测度所有地区的干旱状况,为保证本文结论的稳健性,本文采用标准化降水蒸散指数(SPEI)构建相应的干旱风险指标,该指数不仅保留了 $PDSI$ 指数考虑水分蒸散发量的优点,同时作为标准化指数,它能够进行不同时间、不同地区的比较分析,适用于检测和监测全球变暖背景下干旱的变化特征,并广泛应用于干旱评估、干旱监测等研究领域^[32]。

为了取得各省份逐月的 SPEI 数据,本文同样以各省份内各气象站月度的 SPEI 中位数作为各省份月度 SPEI 数据。在此基础上,采用地方债发行前 1 个月所在省份的 SPEI 指数衡量干旱风险,用 $SPEI$ 表示。此外,基于 SPEI 指数大小所对应的干旱等级关系^③构建以下 3 个反映干旱风险的虚拟变量:是否发生干旱的虚拟变量 $SPEI_Drought$,即当地方债发行前 1 个月所在省市自治区的 SPEI 指数小于等于 -0.5 时取 1,反之取 0;反映是否发生严重干旱的虚拟变量 $SPEI_Severe$,即当地方债发行前 12 个月内所在省市自治区存在 SPEI 指数小于等于 -2.0 的情况时取 1,反之取 0;反映是否发生持续干旱的虚拟变量 $SPEI_Persist$,即当地方债发行前所在省市自治区出现持续至少 6 个月的干旱时取 1,反之取 0。

(3) 干旱灾害程度

除了使用 $PDSI$ 和 $SPEI$ 指数等物理指标外,本文还使用干旱灾害造成的实际经济损失来反映干旱风险。具体地,本文采用各省份农作物的旱灾受灾面积、旱灾成灾面积、旱灾绝收面积加 1 取对数后得到相应的干旱灾害程度指标,分别用 $\ln Damage$, $\ln Disaster$ 和 $\ln Failure$ 表示,以此反映干旱风险。

3. 控制变量

参考现有关于地方债定价的研究^[4,14-15],本文选取了债券特征、地区特征和宏观因素三大类控制变量。通过尽可能控制更多的影响地方债发行定价的因素从而减轻由遗漏变量引起的内生性问题。在债券特征方面,本文控制了地方债的发行规模($Size$)、发行期限($Maturity$)、类型($Type$)、发行方式($Mode$)以及评级($Rating$)。在地区特征方面,本文控制了地方发展水平(GDP)、产业结构($Structure$)以及财政状况($Fiscal$)。在宏观因素方面,本文控制了通货膨胀水平($Inflation$)以及货币供给量($M2$)。具体变量定义见表 1。

(三) 模型构建

为了检验干旱风险与地方债发行定价的关系,本文构建如下回归模型式(1):

$$Spread_{ijt}(Yield_{ijt}) = \alpha + \beta \cdot DR_{jt} + \gamma \cdot Controls_{ijt} + Province_j + Year_t + \varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

式(1)中,被解释变量为地方债的发行定价,分别用省份 j 在 t 月发行的地方债 i 的信用利差 $Spread$ 和到期收益率 $Yield$ 来衡量。解释变量 DR 为 t 月发行的地方债所在省份 j 的干旱风险指标,包括基于 $PDSI$ 指数测定的 $PDSI$, $Drought$, $Severe$ 和 $Persist$ 等。 $Controls$ 为控制变量,包括债券特征、地区特征和宏观因素等 3 类控制变量。此外,回归模型中还控制了省份固定效应 $Province_j$ 和年度固定效应 $Year_t$,以控制资源禀赋等省份层面不随时间变化的遗漏变量以及宏观经济冲击对本文结果产生的影响。

③ SPEI 指数的取值范围及其对应的干旱等级关系如下:当 SPEI 取值在 $(-1, -0.5]$ 、 $(-2, -1]$ 和 $(-\infty, -2]$ 时,分别表示轻度干旱(即发生干旱)、中度干旱和严重干旱。

表 1 变量定义表

变量符号	变量名称	变量定义及解释
<i>Spread</i>	信用利差	地方债发行时的到期收益率与发行前 5 个工作日内同期限国债平均收益率之差值
<i>Yield</i>	到期收益率	地方债发行时的到期收益率即票面利率
<i>PDSI</i>	PDSI 指数	地方债发行前 1 个月所在省份的 PDSI 指数
<i>Drought</i>	发生干旱	地方债发行前 1 个月所在省份是否发生干旱的虚拟变量,当发行前 1 个月 PDSI 小于等于 -1 时取 1,否则取 0
<i>Severe</i>	严重干旱	地方债发行前 12 个月内所在省份是否发生过严重干旱的虚拟变量,当发行前 12 个月内发生过 PDSI 小于等于 -3 的情况时取 1,否则取 0
<i>Persist</i>	持续干旱	地方债发行前 6 个月内所在省份是否发生了持续干旱的虚拟变量,当发行前出现连续 6 个月 PDSI 均小于等于 -1 的情况时取 1,否则取 0
<i>SPEI</i>	SPEI 指数	地方债发行前 1 个月所在省份的 SPEI 指数
<i>SPEI_Drought</i>	发生干旱	地方债发行前 1 个月所在省份是否发生干旱的虚拟变量,当发行前 1 个月 SPEI 小于等于 -0.5 时取 1,否则取 0
<i>SPEI_Severe</i>	严重干旱	地方债发行前 12 个月内所在省份是否发生过严重干旱的虚拟变量,当发行前 12 个月内发生过 SPEI 小于等于 -2 的情况时取 1,否则取 0
<i>SPEI_Persist</i>	持续干旱	地方债发行前 6 个月内所在省份是否发生了持续干旱的虚拟变量,当发行前出现连续 6 个月 SPEI 均小于等于 -0.5 的情况时取 1,否则取 0
<i>lnDamage</i>	旱灾受灾面积	地方债发行当年所在省份农作物的旱灾受灾(主要农作物收成减少 1 成以上)面积加 1 后取对数
<i>lnDisaster</i>	旱灾成灾面积	地方债发行当年所在省份农作物的旱灾成灾(主要农作物收成减少 3 成以上)面积加 1 后取对数
<i>lnFailure</i>	旱灾绝收面积	地方债发行当年所在省份农作物的旱灾绝收(主要农作物收成减少 8 成以上)面积加 1 后取对数
<i>Size</i>	发行规模	地方债的发行规模并取对数
<i>Maturity</i>	发行期限	地方债的发行期限并取对数
<i>Type</i>	债券种类	虚拟变量,专项债券取 1,一般债券取 0
<i>Mode</i>	发行方式	虚拟变量,公开招标的地方债取 1,定向发行的地方债取 0
<i>Rating</i>	债券评级	虚拟变量,进行评级的地方债取 1,未评级的地方债取 0
<i>GDP</i>	经济发展水平	地方债发行主体的年度人均地区生产总值
<i>Structure</i>	产业结构	地方债发行主体的年度第二产业产值在地区生产总值中的占比
<i>Fiscal</i>	财政状况	地方债发行主体的年度公共财政收入与地区生产总值之比
<i>Inflation</i>	通货膨胀率	地方债发行主体当月的居民消费价格指数-100
<i>M2</i>	货币供给量	地方债发行主体当月的广义货币供给量的增长率

三、气候风险与地方债发行定价的检验结果与分析

(一)描述性统计结果与分析

1. 样本期间的干旱概况

依据各省份的月度 PDSI 指数,本文统计了 2015 年 1 月—2019 年 12 月期间(共 60 个月)31 个省份(不含港澳台)发生干旱($PDSI \leq -1$)的月度频率,详见表 2。从表 2 中可以看出,在这 60 个月中,发生干旱频率最高的是辽宁省,在 60 个月中有 53 个月发生了干旱,而发生干旱频率最低的是西藏自治区。我国干旱灾害的发生频率具有以下 3 个特征:第一,干旱较为集中在辽宁、天津、吉林、内蒙古、河北、北京和河南等省份,也即我国干旱的发生具有区域集中性;第二,我国所有省份均有干旱发生,但发生的频率有较大差异,也即我国干旱的发生具有较大的随机性和广泛性;第三,一旦某省份发生干旱,则干旱通常会持续几个月才能得以缓解,如安徽省在 2015 年、2016 年及 2018 年均

未发生过干旱,但在 2019 年发生的干旱就持续了 8 个月之久,也即干旱的发生具有持续性。

2. 描述性统计结果

依据表 1 所列示的变量及其定义,本文对各变量进行了描述性统计,从表 3 可以看出,31 个省份发行的地方债的信用利差 *Spread* 和到期收益率 *Yield* 的中位数分别为 0.295% 和 3.505%。干旱风险指标的描述性统计结果显示,地方债发行前 1 个月的 *PDSI* 介于 -3.350 到 4.580 之间,标准差为 1.668,这意味着各省份的干旱风险存在较大差异。*Drought*、*Severe* 和 *Persist* 的均值分别为 0.256、0.075 和 0.091,这表明有 25.6% 的地方债在发行前的 1 个月所在地发生了干旱,7.5% 的地方债在发行前 12 个月中所在地出现过严重干旱,9.1% 的地方债在发行前所在地发生了持续干旱。在债券特征方面,77.6% 的地方债选择公开招标的发行方式,44.3% 的地方债进行了信用评级且均获得了 AAA 评级。

表2 各省市自治区每年发生干旱的月度频率统计结果

省份	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	合计
西藏	0	1	0	1	0	2
新疆	5	0	0	0	0	5
贵州	0	0	0	2	4	6
甘肃	7	0	0	0	0	7
湖南	3	0	0	1	4	8
青海	4	5	0	0	0	9
广西	3	0	3	2	2	10
江西	2	0	0	5	3	10
湖北	0	0	0	2	8	10
安徽	0	0	3	0	8	11
上海	3	0	0	6	3	12
海南	6	0	0	0	7	13
福建	6	0	0	4	3	13
重庆	3	0	0	3	7	13
广东	8	0	0	4	3	15
江苏	4	0	3	0	8	15
浙江	4	0	1	8	2	15
云南	11	0	0	0	8	19
山西	4	0	0	4	11	19
陕西	4	3	9	0	9	25
四川	8	6	8	0	5	27
宁夏	7	2	8	3	8	28
山东	6	0	10	4	8	28
黑龙江	10	6	6	6	2	30
河南	7	4	7	6	12	36
北京	5	6	10	9	8	38
河北	8	1	9	11	9	38
内蒙古	11	6	9	7	10	43
吉林	12	6	9	12	9	48
天津	11	10	11	10	7	49
辽宁	12	7	10	12	12	53
合计	174	63	116	122	180	655

(二) 回归统计结果与分析

表4 报告了模型式(1)的回归结果。在列(1)至(4)中,*PDSI* 的回归系数均在 1% 的水平上显著负,且地方债发行前 1 个月的 *PDSI* 每减少一个标准差,*Spread*(或 *Yield*)将增加 0.83 bp(或 1.67 bp),约占样本均值的 2.66%(或 0.47%)。*Drought* 的回归系数也均在 1% 的水平上显著为正,且当地方债发行前 1 个月发生干旱时,*Spread*(或 *Yield*)将增加 1.80 bp(或 3.50 bp),约占样本均值的 5.77%(或 0.99%)。上述结果表明,地方债投资者已开始关注干旱风险,并在地方债发行时给予了定价,且干旱风险越大,地方债的发行定价越高,这验证了本

表3 描述性统计结果

变量名	观测值	均值	标准差	最小值	中位值	最大值
<i>Spread</i>	4 826	0.312	0.178	-0.073	0.295	0.710
<i>Yield</i>	4 826	3.526	0.472	2.440	3.505	4.490
<i>PDSI</i>	4 826	0.214	1.668	-3.350	0.165	4.580
<i>Drought</i>	4 826	0.256	0.436	0.000	0.000	1.000
<i>Severe</i>	4 826	0.075	0.264	0.000	0.000	1.000
<i>Persist</i>	4 826	0.091	0.288	0.000	0.000	1.000
<i>SPEI</i>	4 826	-0.298	0.739	-2.171	-0.364	1.623
<i>SPEI_Drought</i>	4 826	0.416	0.493	0.000	0.000	1.000
<i>SPEI_Severe</i>	4 826	0.014	0.117	0.000	0.000	1.000
<i>SPEI_Persist</i>	4 826	0.254	0.435	0.000	0.000	1.000
<i>lnDamage</i>	4 826	3.613	2.656	0.000	4.052	8.083
<i>lnDisaster</i>	4 826	3.092	2.357	0.000	3.440	7.681
<i>lnFailure</i>	4 826	1.913	1.854	0.000	1.589	6.195
<i>Size</i>	4 826	21.577	1.300	17.926	21.766	23.838
<i>Maturity</i>	4 826	1.816	0.476	0.693	1.609	3.401
<i>Type</i>	4 826	0.544	0.498	0.000	1.000	1.000
<i>Mode</i>	4 826	0.776	0.417	0.000	1.000	1.000
<i>Rating</i>	4 826	0.443	0.497	0.000	0.000	1.000
<i>GDP</i>	4 826	5.835	2.425	2.843	5.092	15.103
<i>Structure</i>	4 826	0.401	0.070	0.169	0.407	0.499
<i>Fiscal</i>	4 826	0.115	0.031	0.075	0.108	0.237
<i>Inflation</i>	4 826	1.883	0.654	0.300	1.880	3.410
<i>M2</i>	4 826	10.183	2.042	7.970	9.120	13.680

文的基本假设 H。在列(5)~列(8)中,*Severe* 和 *Persist* 的回归系数均在 1% 的水平上显著为正,且严重干旱将导致 *Spread*(或 *Yield*)增加 3.00 bp(或 5.70 bp),约占样本均值的 9.62%(或 1.62%),持续干旱将导致 *Spread*(或 *Yield*)增加 2.80 bp(或 8.80 bp),约占 8.97%(或 2.50%)。不仅如此,*Severe* 和 *Persist* 的回归系数均明显大于 *Drought* 的回归系数。由此可见,严重干旱和持续干旱会引发地方债投资者更广泛的关注,并使其在地方债发行时要求更高的干旱风险溢价,这也支持了本文的基本假设 H。

控制变量的回归结果显示,在债券特征方面,发行规模越小、发行期限越长,地方债的发行定价越高,且进行了评级的地方债其发行定价更低,此外,专项地方债相较于一般地方债而言定价更高,公开招标的地方债相较于定向发行的地方债其发行定价更低。在地区特征和宏观因素方面,所在省市自治区的经济发展水平越高、财政状况越好,通货膨胀率越低,地方债的发行定价越低,上述结果均与现有研究的结论相一致^[4,14-15]。

表 4 气候风险与地方债发行定价关系的检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>
<i>PDSI</i>	-0.005 *** (-3.610)	-0.010 *** (-4.520)	-	-	-	-	-	-
<i>Drought</i>	-	-	0.018 *** (3.434)	0.035 *** (4.702)	-	-	-	-
<i>Severe</i>	-	-	-	-	0.030 *** (3.733)	0.057 *** (3.916)	-	-
<i>Persist</i>	-	-	-	-	-	-	0.028 *** (3.572)	0.088 *** (7.590)
<i>Size</i>	-0.003 ** (-2.035)	-0.007 *** (-2.776)	-0.003 * (-1.781)	-0.006 ** (-2.456)	-0.003 * (-1.900)	-0.007 *** (-2.615)	-0.003 * (-1.940)	-0.007 *** (-2.648)
<i>Maturity</i>	0.035 *** (9.350)	0.351 *** (60.285)	0.035 *** (9.365)	0.351 *** (60.262)	0.034 *** (9.175)	0.350 *** (59.977)	0.035 *** (9.375)	0.352 *** (60.458)
<i>Type</i>	0.015 *** (3.800)	0.017 *** (2.825)	0.015 *** (3.811)	0.017 *** (2.842)	0.015 *** (3.800)	0.017 *** (2.820)	0.015 *** (3.796)	0.017 *** (2.879)
<i>Mode</i>	-0.153 *** (-22.396)	-0.141 *** (-13.781)	-0.153 *** (-22.400)	-0.142 *** (-13.811)	-0.153 *** (-22.513)	-0.142 *** (-13.862)	-0.153 *** (-22.527)	-0.142 *** (-13.848)
<i>Rating</i>	-0.085 *** (-11.177)	-0.084 *** (-7.563)	-0.085 *** (-11.186)	-0.084 *** (-7.561)	-0.085 *** (-11.139)	-0.083 *** (-7.501)	-0.085 *** (-11.123)	-0.082 *** (-7.419)
<i>GDP</i>	-0.018 ** (-2.417)	-0.001 (-0.117)	-0.015 ** (-2.083)	0.004 (0.392)	-0.011 (-1.622)	0.011 (1.091)	-0.011 (-1.565)	0.013 (1.324)
<i>Structure</i>	-0.377 *** (-2.916)	0.005 (0.029)	-0.395 *** (-3.075)	-0.028 (-0.153)	-0.483 *** (-3.661)	-0.198 (-1.057)	-0.477 *** (-3.674)	-0.259 (-1.411)
<i>Fiscal</i>	-0.605 *** (-2.425)	-0.945 *** (-2.603)	-0.610 ** (-2.437)	-0.958 *** (-2.624)	-0.749 *** (-2.911)	-1.221 *** (-3.245)	-0.614 ** (-2.439)	-1.013 *** (-2.785)
<i>Inflation</i>	-0.005 (-1.398)	0.079 *** (13.755)	-0.005 (-1.426)	0.079 *** (13.731)	-0.004 (-1.339)	0.079 *** (13.692)	-0.005 (-1.410)	0.078 *** (13.395)
<i>M2</i>	0.041 *** (11.909)	-0.042 *** (-7.503)	0.041 *** (11.907)	-0.042 *** (-7.530)	0.040 *** (11.695)	-0.044 *** (-7.869)	0.041 *** (12.036)	-0.040 *** (-7.254)
常数项	0.381 *** (4.805)	3.570 *** (30.130)	0.360 *** (4.559)	3.530 *** (29.741)	0.407 *** (5.044)	3.619 *** (29.980)	0.376 *** (4.742)	3.570 *** (30.427)
<i>Province FE</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>Year FE</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>N</i>	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826
<i>R</i> ²	0.528	0.841	0.528	0.841	0.527	0.841	0.528	0.842

注：*、**、*** 分别表示 $p < 0.10$ 、 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 有统计学意义；括号内为经稳健标准误修正后的 t 统计量。

(三) 稳健性与内生性检验

1. 基于 SPEI 指数的稳健性检验

为了检验本文结果的稳健性,本文基于 SPEI 指数所构建的干旱指标重新检验干旱风险与地方债发行定价的关系,回归结果如表 5 所示。由表 5 可知,*SPEI* 与 *Spread* 和 *Yield* 的回归系数均显著为负,这意味着地方债发行前一个月的 *SPEI* 指数越

小也即干旱风险越大,其发行时的信用利差 *Spread* 和到期收益率 *Yield* 越高。此外,*SPEI_Drought*、*SPEI_Severe* 和 *SPEI_Persist* 的回归系数均在 1% 的水平上显著为正,这表明当发生干旱、严重干旱或持续干旱时,地方债的发行定价将显著上升。总之,在采用不同的干旱测度方法后本文的研究结论依然成立且支持了基本假设 H。

表 5 基于标准化降水蒸散指数的稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>
<i>SPEI</i>	-0.012 *** (-3.361)	-0.014 ** (-2.453)	-	-	-	-	-	-
<i>SPEI_Drought</i>	-	-	0.022 *** (4.471)	0.023 *** (3.119)	-	-	-	-
<i>SPEI_Severe</i>	-	-	-	-	0.084 *** (4.238)	0.083 *** (2.953)	-	-
<i>SPEI_Persist</i>	-	-	-	-	-	-	0.023 *** (4.519)	0.038 *** (4.747)
<i>Controls</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>Province FE</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>Year FE</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>N</i>	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826
<i>R</i> ²	0.527	0.840	0.529	0.840	0.528	0.840	0.528	0.841

注：*、**、*** 分别表示 $p < 0.10$ 、 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 有统计学意义；括号内为经稳健标准误修正后的 t 统计量。

2. 基于干旱实际灾害程度的稳健性检验

现有研究表明,农业生产是受干旱影响最为严重的生产活动^[20,33],由此我们基于干旱的实际灾害程度重新检验干旱风险与地方债发行定价的关系,回归结果如表6所示。由表6可知,尽管干旱受灾面积 $\ln Damage$ 的回归系数并不显著,但随着旱灾程度的提高,干旱成灾面积 $\ln Disaster$ 和干旱绝收面积 $\ln Failure$ 的回归系数均显著为正,并且这3个变量的回归系数均呈增大的趋势。这意味着干旱的实际灾害程度越高,对地方债发行定价的影响越大。这个结果在一定程度上再次验证了本文的基本假设H且表明本文的研究结论具有稳健性。

表6 基于干旱实际灾害程度的稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>
$\ln Damage$	0.001 (0.679)	0.002 (1.059)	-	-	-	-
$\ln Disaster$	-	-	0.002 * (1.777)	0.003 * (1.846)	-	-
$\ln Failure$	-	-	-	-	0.005 *** (3.257)	0.005 ** (2.367)
<i>Controls</i>	是	是	是	是	是	是
<i>Province FE</i>	是	是	是	是	是	是
<i>Year FE</i>	是	是	是	是	是	是
<i>N</i>	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826
<i>R</i> ²	0.527	0.840	0.527	0.840	0.527	0.840

注: *、**、*** 分别表示 $p < 0.10$ 、 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 有统计学意义;括号内为经稳健标准误差修正后的 t 统计量。

3. 基于不同债券信用利差定义的稳健性检验

在上述检验中,我们使用地方债发行时的到期收益率减去发行前五个工作日同期限国债的平均收益率之差值来测度地方债的信用利差。为了检验不同的信用利差测度方法是否会影响检验结果,本文在此使用地方债发行时的到期收益率减去发行当日同期限国债收益率之差值 $Spread0$ 重新测度信用利差并依据模型式(1)做出检验,回归结果如表7所示。可以看出,各类干旱风险指标的回归系数均至少在5%的水平上显著,且符号与表4相一致,也即干旱风险越大,地方债发行时的信用利差越大。这个结果再次支持了本文的基本假设H,并表明不同的地方债信用利差定义不会影响本文的研究结论。

4. 内生性检验

为了缓解遗漏变量对本文结论的影响,本文进一步采用工具变量方法进行回归检验。具体而

表7 基于不同债券利差的稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>Spread0</i>	<i>Spread0</i>	<i>Spread0</i>	<i>Spread0</i>
<i>PDSI</i>	-0.003 ** (-2.347)	-	-	-
<i>Drought</i>	-	0.014 *** (2.789)	-	-
<i>Severe</i>	-	-	0.021 *** (2.768)	-
<i>Persist</i>	-	-	-	0.021 *** (2.684)
<i>Controls</i>	是	是	是	是
<i>Province FE</i>	是	是	是	是
<i>Year FE</i>	是	是	是	是
<i>N</i>	4 826	4 826	4 826	4 826
<i>R</i> ²	0.538	0.538	0.538	0.538

注: *、**、*** 分别表示 $p < 0.10$ 、 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 有统计学意义;括号内为经稳健标准误差修正后的 t 统计量。

言,本文采用太阳辐射强度作为干旱风险的工具变量,其合理性在于:一方面,干旱的发生与土壤含水量密切相关,而太阳辐射强度会显著提升土壤温度,加速土壤水分蒸发,增加干旱发生的可能性,由此满足相关性假设;另一方面,太阳辐射强度不会直接影响地方债的发行定价,满足外生性假设。因此,本文采用地方债发行前一个月所在省市自治区的平均日照时数(取自然对数并以 $\ln Sunlight$ 表示)衡量各省市自治区太阳辐射强度,以此作为干旱风险的工具变量进行检验。表8报告了基于太阳辐射强度的工具变量检验结果。在第一阶段的回归结果中, $\ln Sunlight$ 与 $PDSI$ 的回归系数在1%的水平上显著为负,与 *Drought*、*Severe* 和 *Persist* 的回归系数均在1%的水平上显著正,这表明太阳辐射强度越大,发生干旱、严重干旱或持续干旱的可能性越大,满足工具变量的相关性假设。此外, $KP rk LM$ 统计量在1%水平上显著, $KP rk F$ 统计量大于10%显著水平的临界值16.38,表明工具变量不存在不可识别和弱工具变量问题。在第二阶段的回归结果中, $PDSI$ 、*Drought*、*Severe* 和 *Persist* 的回归结果均与表4相一致,这再次验证了本文的基本假设H,且表明遗漏变量产生的内生性问题对本文结论的影响较小。

(四) 机制检验

1. 地方财政压力

如本文研究假设中所述,干旱风险被定价的机制之一在于地方政府不仅要承担干旱灾难带来

表 8 基于太阳辐射强度的工具变量检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>PDSI</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Drought</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>
	第一阶段	第二阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段	第二阶段
<i>lnSunlight</i>	-0.839 *** (-18.684)	-	-	0.140 *** (11.829)	-	-
<i>PDSI</i>	-	-0.010 ** (-2.000)	-0.035 *** (-4.274)	-	-	-
<i>Drought</i>	-	-	-	-	0.062 ** (1.973)	0.211 *** (4.060)
<i>Controls</i>	是	是	是	是	是	是
<i>Province FE</i>	是	是	是	是	是	是
<i>Year FE</i>	是	是	是	是	是	是
<i>N</i>	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826
<i>R</i> ²	0.480	0.343	0.473	0.339	0.333	0.431
<i>KP rk LM</i> 统计量	267.732 ***			127.074 ***		
<i>KP rk Wald</i> <i>F</i> 统计量	349.101			139.927		
变量	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
	<i>Severe</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Persist</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>
	第一阶段	第二阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段	第二阶段
<i>lnSunlight</i>	0.058 *** (9.948)	-	-	0.033 *** (4.332)	-	-
<i>Severe</i>	-	0.150 ** (1.979)	0.509 *** (3.960)	-	-	-
<i>Persist</i>	-	-	-	-	0.264 * (1.828)	0.894 *** (3.157)
<i>Controls</i>	是	是	是	是	是	是
<i>Province FE</i>	是	是	是	是	是	是
<i>Year FE</i>	是	是	是	是	是	是
<i>N</i>	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826
<i>R</i> ²	0.540	0.324	0.392	0.421	0.228	0.039
<i>KP rk LM</i> 统计量	103.508 ***			18.459 ***		
<i>KP rk Wald</i> <i>F</i> 统计量	98.957			18.769		

注：*、**、*** 分别表示 $p < 0.10$ 、 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 有统计学意义；括号内为经稳健标准误修正后的 t 统计量。

的直接经济损失以及抗旱赈灾的直接经济开支，还需要投入更多的转型支出以提高未来应对包括干旱风险在内的气候适应能力，由此会加剧地方政府的财政压力，削弱地方政府的偿债能力，并导致投资者要求额外的干旱风险溢价。为了对此机制进行检验，本文基于省级面板数据构建模型式(2)：

$$Fiscalpressure_{jt} = \alpha + \beta \cdot DR_{jt} + \gamma \cdot Controls_{jt} + Province_j + Year_t + \varepsilon_{jt} \quad (2)$$

式(2)中，*Fiscalpressure* 表示地方政府的财政压力，参考王佳杰等^[34]的做法，本文选取地方政府的财政赤字率和财政自给率来反映地方政府面临的财政压力，为了捕捉到由干旱风险引起的地方财政压力的变化，本文采用这两个指标的变化量即 $\Delta Deficit$ 和 $\Delta Fiscal$ ，当 $\Delta Deficit$ 越大（或 $\Delta Fiscal$ 越小）时，财政赤字率增加（或财政自给率降低），地方政府的财政压力越大。*DR* 表示基于 *PDSI* 指数测定的各类干旱风险指标。*Controls* 为控制变量，参考徐超等^[35]的做法，本文控制了经济发展水平（*GDP*）、人口密度（*Density*）、城市化水平（*Urban*）、产业结构（*Structure*）、外商直接

投资（*FDI*）、固定资产投资（*FAI*）。此外，本文还控制了省份固定效应和年份固定效应。

表 9 报告了模型式(2)的回归统计结果。列(1)和列(2)的结果表明，*PDSI* 与 $\Delta Deficit$ 和 $\Delta Fiscal$ 的回归系数分别为 -0.006 和 0.002，且在 5% 和 1% 的水平上显著，这意味着干旱风险会导致地方政府财政赤字率上升或财政自给率下降，也即地方政府面临的财政压力增加。此外，列(3)至列(8)的结果表明，尽管 *Drought* 的回归系数并不显著，但 *Severe* 和 *Persist* 与 $\Delta Deficit$ 的回归系数均在 1% 水平上显著为正，与 $\Delta Fiscal$ 的回归系数均在 1% 水平上显著为负，这意味着，尽管一般干旱可能不足以提高地方政府的财政压力，但严重干旱或持续干旱的发生会显著提高地方政府的财政赤字率、降低地方政府的财政自给率，并由此对地方财政造成冲击。总之，干旱风险显著提升了地方政府面临的财政压力，并由此导致地方债投资者要求额外的干旱风险溢价。

2. 投资者气候变化关注度

除了上述地方财政压力的作用渠道外，干旱风险能否在地方债发行时给予定价，还取决于投资者的气候变化关注度，也即只有当投资者关注并认识到气候变化在未来可能造成的负面影响或风险后，才会在地方债发行时要求额外的风险溢价。为了验证这一机制，本文借鉴 Painter^[4]的做法，以各省份逐月的“气候变化”和“全球变暖”的百度搜索指数之和作为投资者气候变化关注度的代理变量，并按其中位数将样本划分为高关注和低关注两个时期，然后分别针对这两个时期重新检验干旱风险与地方债发行定价的关系，回归结果如表 10 所示。结果显示，在高关注时期，各类干旱风险指标与地方债的发行利差 *Spread*、到期收益率 *Yield* 的回归系数均在 1% 的水平上显著，且符号均与表 4 一致。而在低关注时期，除持续干旱 *Persist* 外，其余干旱风险指标的回归系数均不显著。组间系数差异检验的结果表明，各类干旱风险在高关注与低关注时期的影响存在显著差异。由此可见，投资者的气候变化关注度是干旱风险影响地方债发行定价的一种重要机制，且受限于投资者的有限注意力，地方债发行中的干旱风险溢价主要发生在投资者高度关注气候变化的时期。

表9 基于地方财政压力的机制检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	$\Delta Deficit$	$\Delta Fiscal$	$\Delta Deficit$	$\Delta Fiscal$	$\Delta Deficit$	$\Delta Fiscal$	$\Delta Deficit$	$\Delta Fiscal$
<i>PDSI</i>	-0.006 ** (-2.100)	0.002 *** (3.326)	-	-	-	-	-	-
<i>Drought</i>	-	-	0.013 (0.976)	-0.002 (-1.011)	-	-	-	-
<i>Severe</i>	-	-	-	-	0.128 *** (9.000)	-0.007 *** (-4.089)	-	-
<i>Persist</i>	-	-	-	-	-	-	0.082 *** (4.926)	-0.004 ** (-2.578)
<i>GDP</i>	0.026 *** (3.051)	-0.005 *** (-3.653)	0.028 *** (3.287)	-0.006 *** (-4.052)	0.016 * (1.718)	-0.005 *** (-3.440)	0.024 *** (2.694)	-0.005 *** (-3.895)
<i>Density</i>	0.267 (1.441)	-0.020 (-1.152)	0.292 (1.578)	-0.029 * (-1.693)	0.208 (1.151)	-0.025 (-1.421)	0.118 (0.719)	-0.021 (-1.247)
<i>Urban</i>	1.184 (1.492)	-1.156 *** (-11.679)	1.157 (1.452)	-1.148 *** (-11.618)	0.970 (1.205)	-1.137 *** (-11.373)	0.717 (0.851)	-1.126 *** (-11.238)
<i>Structure</i>	-0.192 (-0.344)	0.053 (1.278)	-0.223 (-0.399)	0.063 (1.536)	0.261 (0.458)	0.036 (0.845)	-0.208 (-0.373)	0.063 (1.541)
<i>FDI</i>	0.170 (0.573)	-0.011 (-0.139)	0.202 (0.675)	-0.015 (-0.199)	0.623 ** (2.181)	-0.038 (-0.488)	0.293 (0.995)	-0.018 (-0.232)
<i>FAI</i>	-0.439 *** (-5.308)	0.018 ** (1.996)	-0.440 *** (-5.336)	0.017 ** (1.974)	-0.434 *** (-5.307)	0.017 * (1.885)	-0.422 *** (-5.094)	0.016 * (1.829)
截距项	-0.762 * (-1.721)	0.692 *** (10.258)	-0.757 * (-1.707)	0.690 *** (10.227)	-0.800 * (-1.754)	0.692 *** (10.079)	-0.450 (-0.939)	0.675 *** (9.829)
<i>Province FE</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>Year FE</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>N</i>	1 860	1 860	1 860	1 860	1 860	1 860	1 860	1 860
<i>R</i> ²	0.233	0.283	0.232	0.279	0.274	0.286	0.247	0.280

注：*、**、*** 分别表示 $p < 0.10$ 、 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 有统计学意义；括号内为经稳健标准误修正后的 t 统计量。

表10 基于投资者气候变化关注度的机制检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	<i>Spread</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Yield</i>	<i>Spread</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Yield</i>
	高关注	低关注	高关注	低关注	高关注	低关注	高关注	低关注
<i>PDSI</i>	-0.010 *** (-5.099)	-0.001 (-0.342)	-0.023 *** (-8.044)	0.003 (1.105)	-	-	-	-
<i>Drought</i>	-	-	-	-	0.024 *** (3.537)	0.007 (0.860)	0.074 *** (7.596)	-0.012 (-1.066)
<i>Controls</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>Province FE</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>Year FE</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>N</i>	2 406	2 420	2 406	2 420	2 406	2 420	2 406	2 420
<i>R</i> ²	0.556	0.521	0.859	0.826	0.554	0.521	0.859	0.826
组间系数差异	0.000 ***		0.000 ***		0.000 ***		0.000 ***	
变量	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
	<i>Spread</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Yield</i>	<i>Spread</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Yield</i>
	高关注	低关注	高关注	低关注	高关注	低关注	高关注	低关注
<i>Severe</i>	0.055 *** (4.307)	0.009 (0.868)	0.065 *** (2.691)	0.024 (1.237)	-	-	-	-
<i>Persist</i>	-	-	-	-	0.080 *** (6.125)	-0.015 (-1.550)	0.124 *** (6.614)	0.051 *** (3.336)
<i>Controls</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>Province FE</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>Year FE</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>N</i>	2 406	2 420	2 406	2 420	2 406	2 420	2 406	2 420
<i>R</i> ²	0.554	0.521	0.856	0.826	0.558	0.521	0.858	0.827
组间系数差异	0.000 ***		0.010 ***		0.000 ***		0.000 ***	

注：*、**、*** 分别表示 $p < 0.10$ 、 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 有统计学意义；括号内为经稳健标准误修正后的 t 统计量。

(五) 异质性检验

1. 基于地方农业产量的异质性检验

考虑到干旱对农业会造成极大的负面影响^[20,33],可以预期,在更依赖农业生产的省市自治区中,干旱风险造成的负面冲击更强,投资者对其发行的地方债将要求更高的干旱风险溢价。为了验证上述预期,本文采用第一产业生产总值占 GDP 的比重来衡量各省份的农业产量,并基于此指标的中位数构建虚拟变量 *Agri*,即当第一产业占比大于样本中位数时 *Agri* 取 1,反之取 0。

然后,在模型式(1)中引入 *Agri* 及其与各类干旱风险指标의 交乘项并做出检验,回归结果见表 11。结果显示,除了列(6)中 *Severe* × *Agri* 的回归系数不显著外,在其余各列中,*Agri* 与 *PDSI* 交乘项的回归系数显著为负,与 *Drought*、*Severe* 和 *Persist* 交乘项的回归系数均显著为正。这表明由于干旱风险对农业生产活动造成严重的负面冲击,投资者会对更依赖农业生产的省份所发行的地方债要求更高的干旱风险溢价,这与我们的预期相一致。

表 11 基于地方农业产量的异质性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>
<i>PDSI</i>	-0.000 (-0.126)	0.002 (0.808)	-	-	-	-	-	-
<i>PDSI</i> × <i>Agri</i>	-0.011 *** (-4.701)	-0.027 *** (-7.150)	-	-	-	-	-	-
<i>Drought</i>	-	-	-0.008 (-1.243)	0.004 (0.403)	-	-	-	-
<i>Drought</i> × <i>Agri</i>	-	-	0.057 *** (6.068)	0.068 *** (4.829)	-	-	-	-
<i>Severe</i>	-	-	-	-	0.026 *** (3.205)	0.054 *** (3.636)	-	-
<i>Severe</i> × <i>Agri</i>	-	-	-	-	0.050 ** (2.359)	0.033 (0.932)	-	-
<i>Persist</i>	-	-	-	-	-	-	0.019 ** (2.446)	0.073 *** (5.707)
<i>Persist</i> × <i>Agri</i>	-	-	-	-	-	-	0.030 * (1.842)	0.049 ** (2.151)
<i>Agri</i>	-0.000 (-0.001)	-0.004 (-0.260)	-0.020 ** (-2.343)	-0.031 ** (-2.169)	-0.010 (-1.240)	-0.018 (-1.268)	-0.009 (-1.137)	-0.020 (-1.409)
<i>Controls</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>Province FE</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>Year FE</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>N</i>	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826
<i>R</i> ²	0.530	0.842	0.531	0.842	0.528	0.841	0.528	0.842

注: *、**、*** 分别表示 $p < 0.10$ 、 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 有统计学意义;括号内为经稳健标准误修正后的 t 统计量。

2. 基于经济发展水平的异质性检验

经济发展水平是影响地方债发行定价的重要因素之一。经济发展水平较高的省市自治区往往具有较低的信用风险,这有助于缓解干旱风险对地方财政压力的潜在影响,进而降低投资者对地方债所要求的干旱风险溢价。为了验证上述预期,本文采用各省份的 GDP 衡量经济发展水平,并基于该指标的中位数构建反映经济发展水平的虚拟变量 *Econ*,即当地方 GDP 大于样本中位数时 *Econ* 取 1,反之取 0。然后,在模型式(1)中引入 *Econ* 及其与各类干旱风险指标的交乘项并做出检验,回归结果见表 12。结果显示,除了列(6)中 *Severe* × *Econ* 的回归系数不显著外,在其余各列中,*Econ* 与 *PDSI* 交乘项的回归系数均显著为正,与 *Drought*、*Severe* 和 *Persist* 交乘项的回归系数均显

著为负。这表明较高的经济发展水平能够为地方政府应对气候风险提供有力保障,由此投资者会对经济发展水平较高的省份所发行的地方债要求较低的干旱风险溢价,这与本文研究的预期相一致。

四、基于环境行动的进一步检验和分析

全球变暖导致的干旱灾害频发、区域性水资源匮乏、土地沙漠化程度上升,严重影响了我国社会经济的可持续和协调发展。为应对干旱带来的威胁和不利影响,我国采取了一系列基于水资源改善的环境行动,那么这些环境行动是否能够缓解投资者对未来气候变化影响的负面预期,进而降低地方债发行定价中干旱风险的溢价水平呢?为了回答上述问题,本文进一步从地方水利建设和南水北调工程展开讨论。

表 12 基于经济发展水平的异质性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>	<i>Spread</i>	<i>Yield</i>
<i>PDSI</i>	-0.010 *** (-5.604)	-0.020 *** (-7.234)	-	-	-	-	-	-
<i>PDSI</i> × <i>Econ</i>	0.010 *** (4.327)	0.021 *** (5.809)	-	-	-	-	-	-
<i>Drought</i>	-	-	0.026 *** (3.923)	0.058 *** (5.743)	-	-	-	-
<i>Drought</i> × <i>Econ</i>	-	-	-0.019 ** (-2.020)	-0.051 *** (-3.721)	-	-	-	-
<i>Severe</i>	-	-	-	-	0.048 *** (4.511)	0.073 *** (3.983)	-	-
<i>Severe</i> × <i>Econ</i>	-	-	-	-	-0.030 ** (-2.354)	-0.027 (-1.255)	-	-
<i>Persist</i>	-	-	-	-	-	-	0.082 *** (6.896)	0.141 *** (8.482)
<i>Persist</i> × <i>Econ</i>	-	-	-	-	-	-	-0.085 *** (-6.123)	-0.084 *** (-4.224)
<i>Econ</i>	0.000 (0.050)	0.021 (1.410)	0.003 (0.315)	0.030 ** (1.978)	0.002 (0.163)	0.017 (1.114)	0.009 (0.943)	0.023 (1.571)
<i>Controls</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>Province FE</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>Year FE</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>N</i>	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826
<i>R</i> ²	0.529	0.842	0.528	0.841	0.528	0.841	0.531	0.842

注：*、**、*** 分别表示 $p < 0.10$ 、 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 有统计学意义；括号内为经稳健标准误修正后的 t 统计量。

(一) 基于地方水利建设的检验

在我国,干旱灾害严重影响了地方粮食安全,而地方水利建设不仅是提高粮食产量、保障粮食安全的重要手段,也是减轻由于干旱风险引起的地方经济损失的有力保障。本文预期,如果地方水利建设能够缓解干旱灾害造成的负面冲击,那么在水利建设程度较高的省份所发行的地方债中,投资者要求的干旱风险溢价应相对降低。为了衡量不同省份的水利建设程度,本文从《中国统计年鉴》中获取各省份的水库数量和总库容量,并基于其中位数构建虚拟变量 *Reser* 和 *Capac*,即当水库数量或总库容量大于样本中位数时,*Reser* 或 *Capac* 取 1,反之取 0。然后,在模型式(1)中分别引入 *Reser* 和 *Capac* 及其与各类干旱风险指标之交乘项并做出检验,回归结果如表 13 所示,由于上海市的水库数量和总库容量存在数据缺失,因此表 13 的回归样本中不包含上海市的地方债样本。表 13 的列(1)~列(8)报告了基于水库数量 *Reser* 的回归结果,列(9)~列(16)报告了基于总库容量 *Capac* 的回归结果。结果显示,除了列(11)中交乘项 *Drought* × *Capac* 的回归系数不显著外,*Reser* 和 *Capac* 与 *PDSI* 交乘项的回归系数均显著为正,与 *Drought*、*Severe* 和 *Persist* 交乘项的回归系数均显著为负。这表明地方水利建设能够在降低干旱灾害冲击的同时,缓解投资者对未来气候变化影响的负面预期,进

而降低地方债发行时的干旱风险溢价。

(二) 基于南水北调工程的检验

南水北调工程自 1952 年提出后,经过了数十年的方案设计与论证,最终确定了东线、中线和西线三条调水线路来缓解北方地区的缺水状况。在样本期间内,中东线工程已完工通水,累计向北调水超过 394 亿 m^3 ,而西线工程尚处于设计论证阶段。本文预期,如果南水北调工程能缓解干旱灾害对沿线受益省份带来的负面影响,那么在受益程度越大的省份所发行的地方债中,投资者所要求的干旱风险溢价应相应降低。为了衡量不同省份的南水北调工程受益程度,本文从南水北调工程年度水量调度计划和地方年鉴中收集了南水北调工程对湖北、北京、天津、河南、河北、山东、江苏等 7 个中东线主要受益省市的输水量,并构建变量 *Benefit* 反映各省份的受益程度,对于其他非受益省市自治区 *Benefit* 取 0。然后,在模型式(1)中引入 *Benefit* 及其与各类干旱风险指标之交乘项并做出检验,回归结果如表 14 所示。结果显示,*Benefit* 与 *PDSI* 交乘项的回归系数均显著为正,与 *Drought*、*Severe* 和 *Persist* 交乘项的回归系数均显著为负。这表明,南水北调工程建设能够有效保障受益省份的水资源供应,缓解投资者对未来气候变化影响的负面预期,进而降低地方债发行时的干旱风险溢价。

表 13 水利建设程度对干旱风险与地方债发行定价关系的影响

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	Spread	Yield	Spread	Yield	Spread	Yield	Spread	Yield
PDSI	-0.015 *** (-8.270)	-0.024 *** (-8.637)	-	-	-	-	-	-
PDSI × Reser	0.020 *** (7.751)	0.028 *** (6.972)	-	-	-	-	-	-
Drought	-	-	0.046 *** (7.290)	0.068 *** (7.593)	-	-	-	-
Drought × Reser	-	-	-0.065 *** (-6.539)	-0.079 *** (-5.320)	-	-	-	-
Severe	-	-	-	-	0.060 *** (5.252)	0.083 *** (4.209)	-	-
Severe × Reser	-	-	-	-	-0.060 *** (-4.023)	-0.066 ** (-2.300)	-	-
Persist	-	-	-	-	-	-	0.048 *** (4.664)	0.112 *** (8.179)
Persist × Reser	-	-	-	-	-	-	-0.058 *** (-4.229)	-0.088 *** (-3.874)
Reser	-0.074 *** (-3.078)	0.043 (1.431)	-0.051 ** (-2.168)	0.078 *** (2.611)	-0.046 ** (-1.965)	0.087 *** (2.900)	-0.044 * (-1.879)	0.087 *** (2.886)
Controls	是	是	是	是	是	是	是	是
Province FE	是	是	是	是	是	是	是	是
Year FE	是	是	是	是	是	是	是	是
N	4 737	4 737	4 737	4 737	4 737	4 737	4 737	4 737
R ²	0.530	0.843	0.529	0.843	0.525	0.841	0.526	0.843
变量	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
	Spread	Yield	Spread	Yield	Spread	Yield	Spread	Yield
PDSI	-0.010 *** (-5.156)	-0.019 *** (-6.979)	-	-	-	-	-	-
PDSI × Capac	0.010 *** (3.934)	0.018 *** (4.617)	-	-	-	-	-	-
Drought	-	-	0.020 *** (3.086)	0.050 *** (5.452)	-	-	-	-
Drought × Capac	-	-	-0.005 (-0.465)	-0.033 ** (-2.238)	-	-	-	-
Severe	-	-	-	-	0.039 *** (3.903)	0.075 *** (4.778)	-	-
Severe × Capac	-	-	-	-	-0.030 * (-1.960)	-0.075 ** (-2.210)	-	-
Persist	-	-	-	-	-	-	0.037 *** (3.807)	0.111 *** (8.547)
Persist × Capac	-	-	-	-	-	-	-0.030 ** (-2.259)	-0.098 *** (-4.129)
Capac	-0.025 (-1.520)	-0.015 (-0.582)	-0.009 (-0.552)	0.017 (0.653)	-0.010 (-0.638)	0.012 (0.485)	-0.012 (-0.740)	0.006 (0.256)
Controls	是	是	是	是	是	是	是	是
Province FE	是	是	是	是	是	是	是	是
Year FE	是	是	是	是	是	是	是	是
N	4 737	4 737	4 737	4 737	4 737	4 737	4 737	4 737
R ²	0.525	0.842	0.524	0.842	0.524	0.841	0.524	0.843

注：*、**、*** 分别表示 $p < 0.10$ 、 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 有统计学意义；括号内为经稳健标准误修正后的 t 统计量。

五、结论与讨论

由碳排放和全球变暖所引起的气候变化及其风险已经受到各国政府和学术界的高度关注并已开始采取积极的应对行动,但气候风险是否引起金融市场的关注仍是一个悬而未决的实证问题。气候风险是否引起金融市场足够关注的重要标志之一在于气候风险有无得到合理定价。本文以发

生最为广泛且造成灾害最为严重的干旱风险来反映气候风险,实证检验了气候风险对地方债发行定价的影响。经检验发现,基于 PDSI 指数测定的干旱风险会显著提高地方债发行时的信用利差或到期收益率,且该结论在不同的干旱测度指标、不同的信用利差定义、基于平均日照时长的工具变量检验后均稳健成立。不仅如此,地方债投资者

表 14 南水北调对干旱风险与地方债发行定价关系的影响

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	Spread	Yield	Spread	Yield	Spread	Yield	Spread	Yield
<i>PDSI</i>	-0.005*** (-3.481)	-0.013*** (-5.704)	-	-	-	-	-	-
<i>PDSI</i> × <i>Benefit</i>	0.000* (1.677)	0.001*** (4.491)	-	-	-	-	-	-
<i>Drought</i>	-	-	0.018*** (3.151)	0.048*** (5.723)	-	-	-	-
<i>Drought</i> × <i>Benefit</i>	-	-	-0.001* (-1.802)	-0.003*** (-4.119)	-	-	-	-
<i>Severe</i>	-	-	-	-	0.064*** (6.548)	0.119*** (6.812)	-	-
<i>Severe</i> × <i>Benefit</i>	-	-	-	-	-0.004*** (-8.166)	-0.006*** (-7.425)	-	-
<i>Persist</i>	-	-	-	-	-	-	0.059*** (6.031)	0.129*** (9.202)
<i>Persist</i> × <i>Benefit</i>	-	-	-	-	-	-	-0.004*** (-6.718)	-0.005*** (-6.062)
<i>Benefit</i>	0.005*** (5.079)	0.002* (1.790)	0.005*** (4.749)	0.003** (2.045)	0.005*** (6.235)	0.002* (1.887)	0.006*** (6.514)	0.002** (2.044)
<i>Controls</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>Province FE</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>Year FE</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>N</i>	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826	4 826
<i>R</i> ²	0.531	0.841	0.531	0.841	0.533	0.841	0.534	0.843

注：*、**、*** 分别表示 $p < 0.10$ 、 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 有统计学意义；括号内为经稳健标准误修正后的 t 统计量。

会对农业产量较高或经济发展水平较低的省市自治区所发行的地方债要求更高的干旱风险溢价。在机制检验中,本文发现干旱风险加剧了地方财政压力,且干旱风险溢价主要存在于投资者对气候变化关注度较高的时期,这意味着干旱风险对地方财政的冲击以及投资者的气候变化关注度是干旱风险影响地方债发行定价的重要机制。由此可见,气候风险尤其是干旱风险已成为我国地方债发行定价的重要影响因素之一,且我国的金融市场已经开始在应对气候变化的过程中通过定价机制而起到配置资源的现实作用。

进一步的研究表明,包括地方水利建设和南水北调工程建设在内的基于水资源改善的环境行动有效地降低了地方债发行时的干旱风险溢价。这意味着,积极的环境行动能够通过减轻干旱风险所引发的干旱灾害程度,进而缓解投资者对未来气候变化影响的负面预期,降低干旱风险的溢价程度。也就是说,基于水资源改善的环境行动至少能够通过影响地方债市场的定价而在应对干旱风险方面产生了积极作用。

本文的研究可以得到如下政策性启示:首先,尽管干旱风险已显著地在我国地方债发行中给予了定价,但鉴于包括干旱风险在内的气候风险将

成为投资者、金融市场乃至整个社会不得不长期面对的、无法回避的系统性风险,所以在应对气候变化的过程中,应采取更为坚定的转型政策和措施以强化投资者对全球变暖及气候风险的关注和信念,并通过完善各类金融市场对气候风险的定价功能而提升其资源配置的效率;其次,鉴于已有的基于水资源改善的环境行动在总体上能够有效地降低地方债发行时的干旱风险溢价,所以宜切实有效地将应对气候变化的环境行动扩大到推进温室气体减排、提升自然生态碳汇能力、推动绿色技术开发、促进清洁能源发展等诸多更为广阔的领域,这不仅有助于提升各地的气候适应能力和转型能力,也有助于降低地方政府自身的融资成本。

参考文献:

- [1] REBOREDO J C, UGOLINI A. Climate transition risk, profitability and stock prices [J]. *International review of financial analysis*, 2022, 83: 102271.
- [2] HONG H, LI F W, XU J. Climate risks and market efficiency [J]. *Journal of econometrics*, 2019, 208 (1): 265-281.
- [3] GOLDSMITH-PINKHAM P, GUSTAFSON M T, LEWIS R C, et al. Sea-level rise exposure and municipal bond yields [J]. *Review of financial studies*, 2023, 36(11): 4588-4635.
- [4] PAINTER M. An inconvenient cost: the effects of climate

- change on municipal bonds[J]. *Journal of financial economics*, 2020, 135(2): 468-482.
- [5] BAKKENSEN L A, BARRAGE L. Going underwater? flood risk belief heterogeneity and coastal home price dynamics [J]. *Review of financial studies*, 2022, 35(8): 3666-3709.
- [6] BALDAUF M, GARLAPPI L, YANNELIS C. Does climate change affect real estate prices? only if you believe in it[J]. *Review of financial studies*, 2020, 33(3): 1256-1295.
- [7] DIETZ S, BOWEN A, DIXON C, et al. "Climate value at risk" of global financial assets[J]. *Nature climate change*, 2016, 6(7): 676-679.
- [8] 韩健, 张又文. 地方债管理体制对数字普惠金融发展的影响机制研究[J]. *中国软科学*, 2024(9): 21-33.
- [9] LESK C, ROWHANI P, RAMANKUTTY N. Influence of extreme weather disasters on global crop production [J]. *Nature*, 2016, 529(7584): 84-87.
- [10] HUYNH T D, NGUYEN T H, TRUONG C. Climate risk: the price of drought[J]. *Journal of corporate finance*, 2020, 65: 101750.
- [11] PALMER W C. Meteorological drought[M]. Washington, DC: US department of commerce, weather bureau, 1965, 30.
- [12] TRAN N, UZMANOGLU C. COVID-19, lockdowns, and the municipal bond market[J]. *Journal of banking & finance*, 2023, 147: 106758.
- [13] 卫捷, 马柱国. Palmer 干旱指数、地表湿润指数与降水距平的比较[J]. *地理学报*, 2003(增刊1): 117-124.
- [14] 刘穷志, 刘夏波. 经济结构、政府债务与地方政府债券发行成本: 来自 1 589 只地方政府债券的证据[J]. *经济理论与经济管理*, 2017(11): 85-97.
- [15] 刘锐, 攸频. 地方政府债券发行溢价研究[J]. *证券市场导报*, 2020(6): 51-59.
- [16] BURKE M, HSIANG S M, MIGUEL E. Climate and conflict[J]. *Annual review of economics*, 2015(7): 577-617.
- [17] PANKRATZ N, BAUER R, DERWALL J. Climate change, firm performance, and investor surprises [J]. *Management science*, 2023, 69(12): 7151-7882.
- [18] HSIANG S, KOPP R, JINA A. Estimating economic damage from climate change in the United States[J]. *Science*, 2017, 356(6345): 1362.
- [19] 夏晖, 陈曦, 闻月. 政策视角下转型气候风险对能源企业碳排放效率的影响[J]. *中国软科学*, 2024(增刊1): 118-124.
- [20] DO V, NGUYEN T H, TRUONG C, VU T. Is drought risk priced in private debt contracts? [J]. *International review of finance*, 2021, 21(2): 724-737.
- [21] 金刚, 沈坤荣, 孙雨亭. 气候变化的经济后果真的“亲贫”吗? [J]. *中国工业经济*, 2020(9): 42-60.
- [22] 刘波, 王修华, 李明贤. 气候变化冲击下的涉农信用风险: 基于 2010—2019 年 256 家农村金融机构的实证研究[J]. *金融研究*, 2021(12): 96-115.
- [23] 杨璐, 史京晔, 陈晓光. 温度变化对中国工业生产的影响及其机制分析[J]. *经济学(季刊)*, 2020, 20(5): 299-320.
- [24] 王杰, 王博瀚. 碳减排政策的就业效应: 来自碳交易试点的经验证据[J]. *中国软科学*, 2024(6): 156-164.
- [25] 杨起城, 罗良文. 气候变化对绿色技术创新的影响: 来自 81 个发展中国家的证据[J]. *中国软科学*, 2023(1): 156-170.
- [26] 唐亮, 姜海锋, 郑军, 等. 生态法治建设如何引领绿色发展转型: 新《环保法》实施对企业绿色技术创新的影响[J]. *中国软科学*, 2023(8): 43-53.
- [27] 李雪松, 杨泉, 周敏. 市场型环境规制、碳减排与企业环境绩效: 来自中国碳市场的证据[J]. *中国软科学*, 2024(8): 200-210.
- [28] 陈国进, 丁赛杰, 赵向琴, 等. 中国绿色金融政策、融资成本与企业绿色转型: 基于央行担保品政策视角[J]. *金融研究*, 2021(12): 75-95.
- [29] 汪莉, 陈诗一. 政府隐性担保、债务违约与利率决定[J]. *金融研究*, 2015(9): 66-81.
- [30] 况伟大, 王湘君. 土地市场波动、限购与地方债交易市场风险: 来自中国城投债交易市场的证据[J]. *中国软科学*, 2019(10): 39-49.
- [31] CHOI D, GAO Z, JIANG W. Attention to global warming[J]. *Review of financial studies*, 2020, 33(3): 1112-1145.
- [32] VICENTE-SERRANO S M, BEGUERIA S, LOPEZ-MORENO J I. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index[J]. *Journal of climate*, 2010, 23(7): 1696-1718.
- [33] 任静儒, 张苗, 游士兵. 自然灾害对我国农业产量和宏观经济的影响研究[J]. *科学决策*, 2024(8): 55-79.
- [34] 王佳杰, 童锦治, 李星. 税收竞争、财政支出压力与地方非税收入增长[J]. *财贸经济*, 2014(5): 27-38.
- [35] 徐超, 庞雨蒙, 刘迪. 地方财政压力与政府支出效率: 基于所得税分享改革的准自然实验分析[J]. *经济研究*, 2020, 55(6): 138-154.

(本文责编: 希 文)