

气候变化与公司创新：中国证据¹

林之阳² 孔东民³ 宁书影⁴

摘 要 本文考察气候变化是否影响公司层面的创新产出。利用干旱构建气候变化情景,将气候敏感型公司作为样本,本文发现干旱这一气候状况的恶化会激励企业进行创新活动,即存在“环境激励效应”。这一效应主要来源于两个因素:其一,干旱对公司经营产生不利影响,“倒逼”公司进行创新;其二,公司管理层对气候信号的捕捉有助于识别气候变化带来的机会,进而提升公司创新。此外,当子公司地理分散较低时,干旱的创新促进作用更强,这一结果体现了气候影响的区域性特征。本文从气候变化的角度为企业创新活动的研究提供了新的视角,强调了将气候风险纳入政策评估与企业决策过程的重要性。

关键词 创新;气候变化;干旱;环境激励

0 引言

气候变化问题已经成为这个时代最根本、最紧迫的问题之一。在过去的一百年中,地表平均温度持续升高,以气候变暖为主要特征的气候变化逐渐成为一个全球现象(Hansen and Lebedeff, 1987; Pollack et al., 1998)。据政府间气候变化专门委员会(IPCC)估计,与前工业化时代相比,人类活动已导致全球变暖约 1 摄氏度。与此同时,众多学者开始关注气候变化带来的经济后果,评估了

¹ 作者感谢国家社会科学基金(项目编号:21ZDA010;22VRC145)、国家自然科学基金(项目编号:71991473;71772178)和湖北工业大学博士科研项目(XJ2021007501)的资助,谨致谢意。感谢在中国经济学会(2017)、第三届中国财务与会计学学术年会(2019)、第三届中国会计学者论坛(2021),以及在华中科技大学、厦门大学、中南财经政法大学研讨会上对本文提出评论与建议的专家学者。文责自负。

² 林之阳,同济大学经济与管理学院博士后研究员,E-mail:zylinzuel@163.com。

³ 孔东民,华中科技大学经济学院教授,E-mail:kongdm@mail.hust.edu.cn。

⁴ 宁书影,湖北工业大学经济与管理学院讲师,E-mail:zzhnsy@gmail.com。

气候变化对总体经济产出(Hsiang,2010;Dell et al.,2012)和重要国民经济部门(Mendelsohn et al.,1994;Schlenker et al.,2005,2006;Deschênes and Greenstone,2012;Zhang et al.,2018;Chen and Yang,2019)的影响。2018年诺贝尔经济学奖获得者诺德豪斯(William D. Nordhaus)长期关注气候变化给经济带来的根本挑战,他的获奖表明学界对这一问题的重视。本文将从驱动经济发展的引擎——创新这一角度,讨论气候变化的微观经济后果。创新是促进经济发展的重要驱动力,而企业是重要的创新主体。虽然气候风险已经在保险和衍生品等领域被纳入了风险考量的范围,学者也开始关心气候风险对公司经营的影响(Krueger et al.,2020),但其对企业创新的影响还没有得到足够的重视。

为了合理评估气候变化,我们借鉴文献(Hong et al.,2019;Huynh et al.,2020),选择综合性较强的干旱指数构建气候场景,原因主要有三点:其一,干旱是各类气候变化效应的综合体现,对人类经济活动影响巨大。气候变化导致雨带在地区范围内出现不均衡变化,表现为在东半球的部分地区向北移动;同时,在西半球的部分地区向南移动(Mamalakis et al.,2021)。雨带的这一变化导致许多地区出现干旱化,威胁到生物多样性和粮食安全,并对全世界的水资源供应和粮食生产产生级联效应(Mamalakis et al.,2021)。在由气候变化引起的自然灾害中,干旱对经济活动的破坏作用最为明显(Lesk et al.,2016)。同时,现有研究也发现了干旱对整体金融系统和个体上市公司的不利影响(Hong et al.,2019;Huynh et al.,2020)。其二,干旱的影响对象较为明确,关注干旱风险对我国战略安全意义重大。许多气候变化现象的影响对象模糊、影响效应复杂,比如,Addoum et al.(2023)发现气温升高对大部分行业产生了广泛的影响,但影响效应差异巨大。不同于此,干旱的直接影响对象十分明确,即农业及其相关行业。Lesk et al.(2016)估计了1964年到2007年全球各种极端天气导致的损失,其中干旱对农业生产最具破坏性,且这种负面作用在发展中国家中更为显著。现有研究已经从行业层面讨论了干旱对农业等相关行业的影响,这些行业大多数对水资源具有明显的依赖性,从而易受干旱风险的影响(Lesk et al.,2016;Hong et al.,2019;Do et al.,2021)。我国是一个农业大国,也是一个人口大国。历史上我国的社会稳定多次受到旱灾冲击,新中国成立后也曾由于严重旱灾而陷入经济困难。因此,食品生产事关战略安全,有必要从微观层面探讨干旱风险的经济后果。其三,前人研究提供了良好的干旱度量指标,有利于本文研究的开展。Palmer干旱指数(Palmer Drought Severity Index, PDSI)是一个综合度量地区干旱指数的指标,受到了关注气候干旱的国内外学者的广泛使用,也为我们的研究提供了便利。因此,我们基于PDSI讨论干旱的微观经济后果。

基于上述考虑,我们参考Hong et al.(2019)的研究,将本文样本限定为我

国A股的农业及其相关上市公司,定义为“气候敏感型公司”,并以PDSI度量地区干旱程度以构建气候场景,讨论气候变化对公司创新的影响。理论上,干旱对公司创新可能存在两方面影响:一方面,干旱可能直接对气候敏感型公司的经营活动产生负面影响,降低公司盈利能力(Hong et al., 2019),提升公司融资成本(Ginglinger and Moreau, 2023; Huynh et al., 2020),从内源和外源两方面限制创新资源获取,从而抑制企业创新,即“创新抑制”假说。另一方面,干旱对企业的负面影响也可能“倒逼”企业创新。气候变化可以通过改变公司所处的外部经营环境,促使管理层调整战略规划和经营决策,通过产品创新提升差异化水平,从而获取竞争优势,即“环境激励”假说^①。由于在理论上存在方向相反的竞争假说,我们将通过实证检验评估干旱这一气候变化对公司创新的效应。

实证结果表明:气候的边际干旱化能够显著提升公司未来的创新数量和创新质量,支持了“环境激励”假说。从干旱对公司经营的负面影响和“资源诅咒”两个角度探讨了干旱促进公司创新的驱动力来源,研究发现干旱倒逼公司通过创新进行应对。此外,管理层对气候信号的捕捉是干旱对公司创新的另一个驱动力来源。当公司CEO的受教育程度更高,或管理层更关注气候风险时,气候干旱对创新的提升更为明显。由此可见,气候条件的恶化会激励企业进行研发创新,以保持其在市场上的竞争优势。我们还发现干旱的经济后果具有区域性特征,即气候干旱化的创新促进作用在子公司地理分散程度更高的上市公司中更弱。

本文可能在以下方面有所贡献。首先,本文补充了气候与经济方面的文献。随着气候变化逐渐受到重视,越来越多的研究人员开始讨论气候变化的经济后果。这些研究或从全球范围内的气候变化情况讨论对各国社会经济的影响(如Dell et al., 2012; Du et al., 2017),或讨论气候变化在行业层面的影响(如Schlenker et al., 2006; Chen et al., 2016),或从宏观角度讨论气候变化对资本市场的整体影响(如Hong et al., 2019),为后续研究讨论气候变化的经济后果提供了极具启发性的研究框架。近年来,逐渐有研究开始将针对气候变化的经济后果的讨论引入了微观层面(如Zhang et al., 2018; Chen and Yang, 2019; Huynh et al., 2020)。The Review of Financial Studies在2020年以专刊的形式发布了一系列气候金融领域的最新研究成果,讨论了气候变化对房产价值(Baldauf

^① 一些行业事实也证明了气候风险,尤其是干旱风险,“倒逼”农业相关企业进行创新。比如,孟山都公司在2009年向美国食品和药品监督管理局(U.S. Food and Drug Administration, FDA)提交了全球首例抗旱玉米的审批申请(<http://insurance.hexun.com/2009-02-09/114195916.html>)。又如,针对干旱导致水稻受灾严重的情况,隆平高科加紧培育抗旱水稻(<http://news.sina.com.cn/o/2013-08-20/144027999418.shtml?from=www.hao10086.com>)。

et al., 2020; Murfin and Spiegel, 2020)、基金行为 (Alok et al., 2020)、投资者认知 (Krueger et al., 2020) 的影响效应等方面的话题, 完善了气候变化微观经济后果的研究。这些研究表明气候变化对企业的资产价值、融资成本、市场期望等有可能影响企业运营的一系列内部和外部因素产生了实质性影响, 为本文进一步将关注点引向经济的关键驱动力——创新, 搭建了桥梁。在此基础上, 本文研究发现干旱对公司创新具有显著影响, 从而补充和深化了针对气候变化的经济后果的讨论。

其次, 本文较早发现了干旱对公司创新的影响, 补充了创新方面的文献。由于创新在经济发展中扮演了极其重要的角色, 现有研究从宏观经济制度层面到微观公司层面对创新的影响因素进行了广泛的讨论 (如 Brown et al., 2009; Hsu et al., 2014; Tian and Wang, 2014; Balsmeier et al., 2017)。然而, 目前少有研究将气候变化作为影响因素纳入讨论。本文则基于干旱进行气候场景的构建, 较早地探讨了气候变化对公司创新的影响。发现干旱对公司的负面影响“倒逼”企业进行创新, 同时管理层对气候信号的捕捉也推动了公司进行创新。由此, 本文发现气候变化也是公司创新的一个影响因素, 从而补充了现有文献。

最后, 本文具有明晰的现实意义。随着我国签署《巴黎气候协定》, 对气候变化的应对逐渐受到来自国家层面的重视。一些基于中国场景的研究也表明, 气候变化给我国的一些重要经济部门, 尤其是农业部门, 带来了极为重要的影响 (如, Chen et al., 2016; Zhang et al., 2018; Chen and Yang, 2019; Chen and Gong, 2021)。因此, 关注气候变化对我国农业相关公司的影响具有重要的现实意义, 而这正是本文进行的工作。此外, 在创新驱动的国家政策下, 农业相关公司的创新对抵御气候风险、保障国家粮食安全具有重要意义。2019 年中央一号文件将加快突破农业关键核心技术、强化农业领域的创新驱动发展放在了极为重要的位置, 体现了党中央对此问题的重视。在此背景下, 我们的研究从气候变化的角度对农业创新进行考虑, 对相关政策的制定具有潜在借鉴意义。

本文第 1 部分回顾以往相关文献, 并提出本文的研究假说; 第 2 部分说明本文的样本构建、数据来源和研究设计; 第 3 部分展示实证检验的结果; 第 4 部分进行了简短的总结。

1 文献综述和假说提出

1.1 气候变化的经济后果: 简短的文献回顾

气候变化是 21 世纪人类面对的最严峻挑战之一, 也是当前国内国际社会

关注的焦点议题。自 20 世纪 90 年代以来,随着气候变化得到国际社会的重视,越来越多的学者开始关注气候变化对人类经济社会带来的后果。研究发现,气候变化对社会经济造成了极大的损失,由气候变化带来的自然灾害造成的损失每年超过了三亿美元(Nordhaus, 2007; Burke et al., 2015; Dietz et al., 2016; Lesk et al., 2016)。Dell et al. (2012) 针对贫穷国家的研究发现,气候变化对这些国家的经济活动产生了实质性的不良影响,更高的气温对国家的总体经济增长和产出水平都产生了负面影响,甚至冲击了政治稳定性。Du et al. (2017) 的研究则表明,即使发达国家可能有更强的环境适应能力,气候变化依然有可能对其经济增长产生负面影响。近年来,一些学者也探讨了气候变化对我国重要经济部门的潜在影响。比如,Chen et al. (2016) 经过估算后认为,全球气候变暖已在过去十年中导致我国玉米和小麦的生产遭受了重大损失。Chen and Yang (2019) 发现夏季高温对工业企业的产出具有负面影响,这种负面影响对于低温地区的工业企业来说尤其显著。Chen and Gong (2021) 发现极端高温对我国农业的全要素生产率产生了短期负面影响,由此导致农业部门的收入损失,并指出了长期通过调整生产要素投入以适应气候变化的重要性。总之,气候变化已经对人类社会产生了深远的影响。

在资本市场上,气候风险已被看作一种能够影响资产价值的风险之一,影响房地产、保险和金融衍生品等资产的定价。比如,Baldauf et al. (2020) 发现人们对气候风险的认知会反映在房屋价格中,若房产可能因海平面上升而被淹没,则其出售价格更低。随着气候问题受到世界各国的重视,尤其是在 2015 年巴黎气候变化大会后,气候风险开始被一些学者作为股票市场的重要风险之一进行研究。Liesen et al. (2017) 发现公司气候信息披露的价值相关性,披露碳信息的公司能够被正确地定价,同时公司也不会由于披露相关信息而背上财务负担。Hong et al. (2019) 以各国的农业食品类行业上市公司为样本,研究发现长期的干旱对公司未来的盈利能力和股票回报具有一定的预测力,进一步地,若一国缺乏气候风险应对经验,则其股票市场对气候风险的反应不足,使得这些国家的股票市场未能有效地对气候风险进行定价。一些来自调查问卷的证据也表明投资者逐渐重视气候风险。Krueger et al. (2020) 调查了机构投资者对气候风险的看法以及如何应对气候风险。他们发现受访的投资者认为气候风险对机构持有的短期和长期资产都具有重要影响,并采取了分析投资组合内公司碳足迹、分散化投资、将气候风险纳入估值模型等多种措施应对气候风险对资产价值的影响。由此可见,气候风险已经对资产价值和各市场参与者的行为产生重要影响。

上市公司是一类重要的资本市场参与者,近年来涌现出大量研究从微观层面探讨气候变化对公司行为的影响。一些研究从气象灾害对公司行为影响的

角度来对此话题进行了有益的探索,比如,Dessaint and Matray(2017)发现飓风灾害会导致公司高管过度持有现金。后续研究则广泛地讨论了气候变化对公司财务政策的影响。比如,Huang et al. (2018)基于跨国样本发现受气候影响更大的公司可能持有更多现金、更少短期债务、更多长期债务,并较少分配现金股息;此外,在气候风险较大的国家,公司资产回报率和经济表现较差,同时收益波动更大。Ginglinger and Moreau(2023)发现债权人向面临更高气候风险的公司出借资金时更为谨慎,资金规模更低且资金利率更高,从而导致这些公司具有更低的负债水平。Huynh et al. (2020)发现,地区干旱程度更高的公司面临更高的权益融资成本。外部压力也会促使公司采取措施应对气候风险。Krueger et al. (2020)的研究表明,大型投资者和对公司治理参与较多的投资者倾向于认为公司并未完全意识到气候风险所带来的影响,因而会通过与管理层的私下讨论,向公司提出一些具体的措施建议去管理公司面临的气候风险。限于篇幅,我们没有罗列太多关于气候变化对微观公司影响的文献。总体来说,现有研究表明气候变化对微观公司已经产生了实质上的影响。这为我们探讨气候对公司创新的影响打下了基础。

1.2 气候变化与公司创新:基于干旱的视角

在气候变化导致的各种自然灾害中,干旱带来的经济损失最为严重(Dai, 2013)。Lesk et al. (2016)评估了全球 1964 年至 2007 年间多种极端自然灾害的影响,发现干旱对国家粮食生产的损害最大。具体而言,干旱和极热天气导致各国粮食生产减少约 10%,而洪水和极端寒冷天气却未对粮食生产造成明显影响。干旱灾害同样给我国带来了严重的经济损失。新中国成立以来,我国最严重的一次旱灾发生在 1959 年至 1961 年间。据国家统计局、民政部编撰的《1949—1995 中国灾情报告》及《中国水旱灾害》的记载,三年困难时期,全国受旱面积高达 3659.3 万公顷,粮食减产约 1177.1 万吨。因此,干旱作为气候变化的典型表现,适合用于构建本文的研究场景。干旱对公司造成的影响不仅取决于干旱灾害的严重程度,也取决于公司经营对地区干旱的敏感性。已有研究表明,由于与农业相关的经济活动大多非常依赖于水资源,农业部门对于干旱风险最敏感(Blackhurst et al., 2010; Lesk et al., 2016; Do et al., 2021)。因此,我们参考 Hong et al. (2019),以农业相关公司为研究样本,并将其定义为“气候敏感型公司”。在此基础上,我们讨论干旱对公司创新的影响。

从经济直觉出发,干旱这一环境恶化的因素可能对公司的生产经营带来不利影响。一方面,干旱可能对气候敏感型公司的盈利能力产生不良影响。Hong et al. (2019)发现,农业食品类公司生产过程容易受到自然灾害的影响,而气候变化导致的干旱灾害又放大了这一作用,使得公司盈利受损严重。已有研究发

现了气候变化导致的气温升高、降水减少等干旱化特征对我国农业部门的收入和生产率水平造成了显著的不良影响(Chen et al., 2016; Chen and Gong, 2021)。Huang et al. (2020)发现高温导致人们缩短户外农业工作的时间,由此导致农业部门收入降低。因此,在公司经营层面,气候变化导致的干旱可能对公司的盈利能力和生产效率均产生了直接的不利影响。另一方面,气候变化可能会削弱公司获取外部资金的能力。Delis et al. (2024)发现在2015年《巴黎协定》通过后,银行开始对借款人进行气候风险的评估并调整其贷款利率。Ginglinger and Moreau (2023)也发现气候风险较高的公司在进行债务融资时面临更多困难,债权人向这些公司出借的资金往往规模更小且利率更高。Huynh et al. (2020)还发现气候风险影响了公司进行权益融资的能力,地区干旱程度更高的公司其权益融资成本较高。创新往往需要内源资金和外源融资的持续支持。然而,干旱化可能从内源资金的提供和外源融资的获取两方面对公司创新产生不利影响。我们预期这将抑制公司的创新能力,由此提出“创新抑制”假说。

假说 1a: 干旱对公司创新具有抑制作用。

然而,也有研究表明恶化的环境状况可能激励创新。基于狭义上的资源环境,Auty (1993)提出了“资源诅咒”假说,即良好的自然资源环境却导致地区经济发展的长期停滞。依赖丰富自然资源的暴利行业在不断吸收当地劳动力的同时,还拉升了当地的工资水平,并促使劳动力的进一步转移(Pelzl and Poelhekke, 2021)。与此同时,这些处于初级阶段却能提供较高收入的行业吸引了潜在的创新者和企业家,从而挤出了当地的创业行为和创新行为(Sachs and Warner, 2001; Papyrakis and Gerlagh, 2007)。反之,资源环境贫乏地区更弱的创新挤出效应却促使当地企业将更多资源投入研发过程中,从而促进创新。邵帅和齐中英(2008)的发现印证了这一推测,他们发现西部地区的集中资源开发挤出了当地的科技创新投入,从而限制了当地经济发展。基于广义上的监管环境,也有研究表明监管环境的收紧激励企业创新。例如,Porter and van der Linde (1995)由环境监管制度入手提出了一个分析创新的逻辑。他们认为,更为严格的环境监管能够激发创新,并从六个角度对这个观点进行了解释。其中的一种解释为:环境监管向公司传递了信号,使公司注意到非有效的资源分配和潜在的技术改进可能性;进一步地,公司可以通过创新提高自身对更为严格环境监管的适应力,在市场上确立其竞争优势。Forsman (2013)则提供了实证证据,他们发现成功的环境创新提升了企业的竞争优势。因此,外部环境的恶化同样可能激励企业创新,以谋求企业生存或确立自身竞争优势。

气候条件也是一种外部环境,气候条件的恶化也可能激励公司参与创新。以往研究较多使用极端气候事件从微观视角考察气候变化的影响。这些气候

事件往往存在发生频率低、破坏性强但影响范围小的特点,导致相关研究结论外推适用性存疑。Dell et al. (2014)对相关文献进行整理和总结后指出:气候变化存在非线性影响效应,即当气候变化在一个温和的范围中时,一些在极端气候条件下表现出很高敏感度的经济现象就不再显著。由此可见,对极端气候事件的过度关注可能扭曲了对气候温和变化所带来的经济后果的认知,而使用连续型指标度量气候变化可能得到与以往研究不一样的结论。就干旱场景而言,有必要从气候温和变化的视角讨论干旱对微观个体的影响,关注个体对环境变化的适应性应对。比如,Chen and Gong(2021)发现生产过程中针对气候变化灵活调整要素投入(比如,调整劳动力和机械的使用情况)能缓解高温对生产效率的不利影响。因此,从决策者的角度出发,气候条件的边际恶化在某种意义上为公司提供了调整公司经营策略的外生激励,从而将气候变化纳入管理者的生产决策函数。干旱化可能通过提升公司的经营成本,进而对公司经营产生负面影响(Hong et al., 2019; Huynh et al., 2020; Krueger et al., 2020)。由于气候敏感型公司的经营活动与农业生产紧密相关,在意识到干旱化对公司经营的潜在负面影响后,管理层有动机展开应对。其中,未雨绸缪而进行研发创新就是选择之一。一方面,干旱有可能促使公司直接针对干旱的环境条件进行创新,即进行狭义上的“环境创新”,以帮助公司应对或适应干旱对公司生产的不利影响^①。另一方面,干旱有可能促使公司调整生产战略,通过产品创新提升本公司产品在市场上的差异化程度,即由环境变化导致的广义上的“环境创新”,从而获取竞争优势,以弥补由环境恶化给公司带来的损失。比如,Abdelzaher et al. (2020)发现更高的研发支出占GDP比重可以降低气候变化的负面影响。简言之,气候干旱对公司经营的负面影响有可能倒逼公司参与创新活动。

基于以上讨论,我们提出假说1a的竞争性假说,即“环境激励”假说。

假说1b: 干旱对公司创新具有促进作用。

2 样本、数据说明和研究设计

2.1 样本和数据

2.1.1 研究样本

我们承袭 Hong et al. (2019)定义的“气候敏感型”公司,将样本公司限定为2000—2017年间的A股农业相关的行业上市公司,包括:农业;农副食品加工

^① 通过对中国国家知识产权局、欧洲专利局(EPO)和美国专利和商标局(USPTO)数据库中的专利进行人工检索后发现,我国和世界范围内有大量机构针对干旱气候开展研发活动。具体到农业相关行业,这些专利既涉及粮食和经济作物的种植和生产、畜牧发展和渔业养殖等传统意义上的农业生产范畴,也涉及农牧渔产品加工和储运等广义意义上的农业相关生产过程。

业;木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业;林业;渔业;畜牧业;酒、饮料和精制茶制造业;食品制造业;餐饮业。此外,我们剔除了 ST、PT 公司以及变量存在缺失值的样本。最终,得到了来自 219 家上市公司共 2005 个“公司-年度”观测。

2.1.2 Palmer 干旱指数(PDSI)

本文选择干旱程度作为气候情况的度量。相对于社会经济变量,干旱程度的变化具有良好的外生性,不易受到个体公司行为的影响。由于干旱的成因复杂,使用单一的气候指标(比如气温和降水等)进行度量具有很大局限性,而 Palmer(1965)提出的 PDSI 综合考虑了降水、蒸发、径流和前期气候条件的后期影响等多方面因素,具有较好的综合性和时空比较性,得到了国内外学者的广泛使用,也为我们量化地区干旱程度提供了便利。近年来,逐渐有学者将其引入经济和金融领域的研究中,用以考察气候干旱化对资本市场的影响(如 Hong et al., 2019;Huynh et al., 2020)。

本文的 PDSI 数据获取自美国国家大气研究中心(National Center for Atmospheric Research, NCAR)。该数据依照 Dai et al. (2004)的方法估算得到。这一数据根据地理经纬度坐标进行标记,在全球范围内形成了网状布局,每 2.5 个经度和纬度标记一个栅格点。每一个栅格点有该点的 PDSI 数值,取值范围为-10 到 10, PDSI 取值越小,干旱程度越严重。图 1 展示了样本期内我国大陆各省级行政单位 PDSI 年度均值的分布情况,取值越小表明该地越为干旱,取值越大则表明该地越为潮湿。总体来看,我国华北地区和中部地区的干旱程度

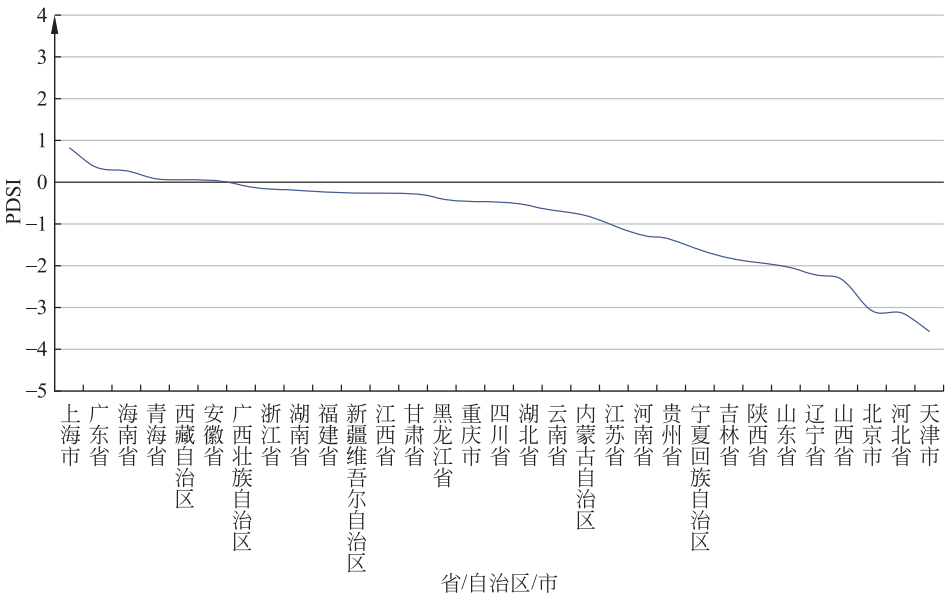


图 1 省级 PDSI 分布(2000—2017 年)

较高^①。

我们根据坐标提取了改革开放以来到 2017 年间我国境内的所有栅格点,以时间序列的方式将月度 PDSI 展现于图 2 中。由图 2 可知,在短期内,我国的干旱程度在年内呈现周期性波动;在长期内,PDSI 的重心逐渐降低,这表明全球气候变化导致我国气候在整体上存在干旱化趋势。这一数据表现也与相关研究结论相符(Mamalakos et al., 2021)。

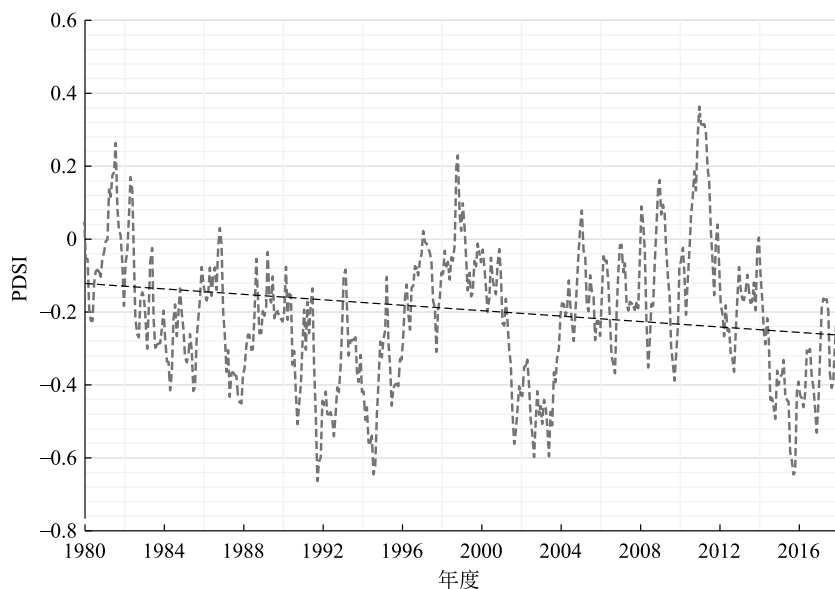


图 2 1980—2017 年中国干旱化趋势

注:在本图中,折线为我国境内 PDSI 的月度均值,直虚线为对应的趋势线。

2.1.3 公司创新产出

我们利用公司申请并最终得到授权的发明专利数量来考察公司的创新活动。已有研究大多采用两种指标度量公司创新,即研发支出和专利。这两种指标分别从创新投入和创新产出对公司的创新活动进行度量。相比较而言,使用公司申请并最终得到授权的专利情况考察其创新活动更为合理。这一指标的优势在于:一方面,我们能够通过公司申请的专利是否最终得到授权准确地捕捉公司创新产出的真实水平,而 R&D 支出仅仅关注了公司为了创新而进行的可测资金投入,没有关注这些资金投入最终是否形成了创新产出;另一方面,我们也可以通过专利被引用数量度量公司创新质量,质量越高的专利,越有可能

^① 实际上,一些省份在不同季节的干湿状况存在很大差异,而图 1 仅可用于解读本文样本期內各省级行政单位 PDSI 的整体表现。

被其他专利引用。基于专利测度公司创新能力是相关文献的主流度量方式。专利数据人工整理自国家知识产权局和谷歌专利检索,包括各样本公司的专利申请数量和专利被引数量。最后汇总为“公司-年度”的专利数据,用以度量公司的创新产出。

2.2 研究设计

为了检验干旱对气候敏感型公司创新产出的影响,我们设置如下基准模型:

$$\text{Innovation}_{i,t+n} = \beta_0 + \beta_1 \text{PDSI}_{it} + \text{Control}_{it} + \text{Firm_FE}_i + \text{City_FE}_{it} + \text{Year}_t + \varepsilon_{it}, \quad n = 1, 2 \quad (1)$$

在式(1)中,被解释变量为公司的创新产出,记为 *Innovation*。使用公司的发明专利申请数量和专利被引用数量度量创新产出,分别记为 *LogPatent* 和 *LogCitation*。*LogPatent* 为公司历年申请并获得授权的数量加 1 之后取自然对数;*LogCitation* 为这些专利获得的被引用数量(剔除自引),同样对原始数量进行对数处理。由于公司经历气候影响后需要经过研发过程才能产出专利,故我们关注干旱气候对公司未来两年创新产出的影响^①。

解释变量为公司面临的气候干旱程度,记为 *PDSI*。由于缺少详细的分支机构层面数据,借鉴以往研究,我们基于公司总部地点识别公司所在地。*Chaney et al. (2012)*发现公司的总部和主要的运营机构通常集中在同一个州。基于总部数据,他们发现公司在总部所在地有更多的房产,可见总部是一个公司营运位置的合理度量指标。与此相关,*Korniotis and Kumar (2013)*发现公司主营业务一般集中于公司总部周边;*Pirinsky and Wang (2006)*指出公司总部是与上下游供应商客户及投资者之间进行信息交换的主要场所。总之,当分支机构信息难以获得时,以往研究常以总部所在地识别公司位置开展研究。在气候金融相关的研究中,也有学者基于总部所在地识别气候风险的影响(如 *Huynh et al., 2020*)。考虑到公司的核心决策部门与研发部门大多位于总部附近,我们认为在本文中基于总部位置识别公司面临的气候风险是合适的。由于各行政区划在地理上大多表现为不规则形状,基于行政区划定义辖区内公司的气候条件可

① 由于数据限制,我们无法验证样本公司所有的创新产出是否都与干旱等气候因素直接相关,可能导致度量误差的问题。这个潜在的度量缺陷也是我们只关注农业相关的“气候敏感型”公司而非全行业的重要原因。“气候敏感型”公司的经营过程受气候条件的潜在影响较大,为了应对气候变化而进行创新的概率也比其他公司更高。换言之,聚焦于“气候敏感型”公司在某种程度上是我们在现有数据限制下提升变量度量准确性的一个方案。事实上,除了引言中提到的直接涉及农业和粮食生产的公司外,下游相关行业也会出于应对干旱而进行创新。比如,某酿酒公司为了应对干旱而申请了发明“一种节水的人工干预植物根域的方法”。本课题组也有数个案例支持气候变化对公司创新的激励作用,但限于篇幅无法在文中尽数呈现,留存备索。后验地说,如果被解释变量的度量误差过大以至于无法捕捉与气候相关的创新产出,则我们应无法观测到干旱对公司创新产出的显著效应,而这与后文的实证结果不符。

能缺乏准确性,也会使我们的实证检验容易受到地区经济文化背景等遗漏变量的干扰。为了更准确地捕捉公司面临的干旱程度,我们基于上市公司总部所在地的经纬度坐标识别出距离最近的 PDSI 栅格点,并以该栅格点的 PDSI 年度均值衡量公司面临的干旱风险^①。

在式(1)中,Control 表示一系列控制变量,相关数据均来自 CNRDS。这些控制变量包括:公司规模(Asset)、盈利能力(Roe)、资产负债率(Lev)、股权集中度(Shareh5)、公司年龄(Age)、产权性质(Soe)、董事会规模(Board)、独董比例(IndeB)、成长性(Tobinq)、地区经济增长(Gdpgrowth)、地区人口规模(Popu)。表 1 报告了上述变量的详细定义。最后,我们在式(1)中加入了一系列固定效应:其一,为了控制不可观测的公司异质性对结论的影响,我们加入公司固定效应(Firm_FE);其二,由于少数公司在样本期内存在搬迁,我们加入城市固定效应(City_FE),用以控制来自公司所在城市的持续性社会文化特征对结论的潜在影响;其三,为了控制公司创新产出的潜在趋势和来自时间维度的不可观测因素的影响,我们还加入了年度固定效应(Year_FE)。

表 1 主要变量定义

变量名称	变量定义
LogPatent	专利数量,以公司申请并获得授权的发明专利数量度量,由原始数量进行对数化处理后得到。
LogCitation	专利质量,以公司历年发明专利被引用数量(剔除自引)度量,由原始被引用数量进行对数化处理后得到
PDSI	干旱程度,以公司办公地址识别最近栅格点的 PDSI 年内各月均值度量
Asset	公司规模,以对数化公司当期资产规模度量
Roe	盈利能力,以净资产收益率度量
Lev	资产负债率,为总负债与总资产的比率
Shareh5	股权集中度,以前五大股东持股比例度量
Age	公司年龄,为公司上市以来的年度数进行对数化处理后得到
Soe	产权性质,若公司为国有企业,则取值为 1,否则为 0
Board	董事会规模,以对数化公司董事会人数度量
IndeB	独董比例,以公司独董人数与董事会总人数的比例度量
Tobinq	公司价值,以公司托宾 Q 值度量
Gdpgrowth	地区经济增长,以公司所在省份 GDP 增长指数度量
Popu	地区人口规模,以对数化公司所在省份常住总人口数量度量

① 虽然无法获取完整的上市公司分支机构数据,但我们对子公司地理分布的考察同样表明公司的经营活动集中于总部所在地区。我们发现,与总部所在地区不同的异地子公司占全部子公司的比例仅为三分之一,可见绝大多数子公司集中于公司总部所在地。因此,我们遵循以往研究的惯例,在大部分实证检验中基于公司总部位置识别干旱的影响。在后续实证检验中,我们以多种形式探讨了异地分支机构的潜在影响,没有发现这一问题导致实证结论出现偏差的证据。

表 2 报告了主要变量的描述性统计。LogPatent 和 LogCitation 的均值分别为 0.470 和 0.577,取值范围在公司间存在显著的差异,表明公司间创新产出具有较大差异。我们还报告了 PDSI 的取值情况。根据美国国家气象局(National Weather Service,NWS)的干旱程度划分,当 PDSI 小于 0 时则表明该地出现干旱情况,当 PDSI 小于-2 大于-2.9 时,表明该地气候中度干旱(moderate drought)^①。在我们的样本中,PDSI 的均值为-0.758,表明样本公司总体面临着略微干旱的气候条件;25 分位数为-2.449,表明至少有 25%的样本点位于中度干旱或干旱程度更为严重的气候区。其他控制变量的取值均在合理范围内。

表 2 主要变量的描述性统计

变量	观测数	均值	标准差	最小值	25%分位数	中位数	75%分位数	最大值
LogPatent	2005	0.470	0.843	0.000	0.000	0.000	0.693	3.664
LogCitation	2005	0.577	1.133	0.000	0.000	0.000	0.693	4.663
PDSI	2005	-0.758	2.542	-6.500	-2.449	-0.649	0.752	5.373
Asset	2005	21.539	0.929	19.670	20.877	21.409	22.055	24.382
Roe	2005	0.054	0.137	-0.668	0.021	0.062	0.109	0.376
Lev	2005	0.396	0.181	0.048	0.259	0.388	0.523	0.848
Shareh5	2005	0.540	0.148	0.185	0.447	0.559	0.650	0.815
Age	2005	1.923	0.839	0.000	1.386	2.079	2.639	3.135
Soe	2005	0.517	0.500	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000
Board	2005	2.277	0.188	1.792	2.197	2.303	2.303	2.773
IndeB	2005	0.337	0.107	0.000	0.333	0.333	0.375	0.571
Tobinq	2005	2.142	1.201	0.995	1.334	1.746	2.548	7.694
Gdpgrowth	2005	0.102	0.025	0.042	0.081	0.100	0.121	0.160
Popu	2005	8.418	0.693	6.349	7.814	8.532	9.010	9.404

3 实证结果

3.1 基准结果:气候变化对公司创新的影响

表 3 报告了式(1)的估计结果。在该表中,前两列以 LogPatent 为被解释变量,后两列以 LogCitation 为被解释变量。在前两列中,PDSI 的系数分别为-0.033 和-0.031,并均在 0.01 的水平上显著,表明干旱程度每上升一个标准差,公司未来两年的专利申请数量分别平均上升 17.8%((0.033×2.542)/0.470×100%) 和 16.7%((0.031×2.542)/0.470×100%)。这一提升作用在统计水平

^① 见 https://www.weather.gov/rw/drought_index。

和经济含义上均显著,表明干旱程度对公司创新数量具有边际提升作用。在后两列中,PDSI 的系数分别为 -0.045 和 -0.033 ,并分别在 0.01 和 0.05 的显著性水平上显著,说明干旱程度每提升一个标准差,附近公司未来两年专利被引用数量分别平均提升 19.8% ($(-0.045 \times 2.542)/0.577 \times 100\%$)和 14.5% ($(-0.033 \times 2.542)/0.577 \times 100\%$)。因此,干旱程度对公司未来的创新质量同样具有提升作用。由于我们控制了较为细致的固定效应,大部分控制变量系数不显著。少数显著的控制变量系数的符号也基本与前人研究结论相符合。比如,Asset 的系数在前三列中显著为正,表明公司规模较大的公司有较强的能力和意愿参与创新活动 (Klepper, 1996); Board 的系数显著为正,表明董事会成员的咨询职能和资源支持有助于公司创新 (Helmerts et al., 2017)。

表 3 基准回归:气候变化和公司创新

	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
PDSI	-0.033 *** (-3.104)	-0.031 *** (-2.620)	-0.045 *** (-3.127)	-0.033 ** (-1.988)
Asset	0.233 *** (3.242)	0.181 *** (2.634)	0.197 * (1.915)	0.134 (1.470)
Roe	0.000 (0.017)	0.034 (1.414)	0.005 (0.164)	0.028 (0.841)
Lev	-0.052 ** (-1.979)	-0.080 (-0.467)	-0.044 (-1.254)	-0.013 (-0.305)
Shareh5	0.037 (0.934)	0.059 (0.269)	0.048 (0.935)	0.023 (0.493)
Age	0.001 (0.017)	-0.045 (-0.805)	0.012 (0.168)	-0.079 (-0.970)
Soe	0.100 ** (2.082)	0.102 ** (1.986)	0.106 (1.449)	0.125 (1.653)
Board	0.056 ** (2.156)	0.060 ** (2.420)	0.106 ** (2.195)	0.109 ** (2.394)
IndeB	-0.004 (-0.102)	-0.008 (-0.264)	-0.018 (-0.356)	-0.015 (-0.286)
Tobinq	0.048 * (1.948)	0.050 ** (2.200)	0.049 (1.553)	0.058 (1.561)
Gdpgrowth	-1.483 (-1.068)	-0.674 (-0.479)	-1.005 (-0.506)	0.019 (0.425)
Popu	0.025 (0.073)	-0.071 (-0.187)	-0.017 (-0.034)	-0.330 (-0.611)

续表				
	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
Constant	0.099 (0.035)	0.739 (0.233)	0.454 (0.105)	2.983 (0.663)
Firm_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
City_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	1715	1508	1715	1508
R ²	0.62	0.62	0.53	0.54

注:括号内的数字为对应的*t*值;***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著;系数标准误差聚类到行业和年度层面。

总之,对基准回归模型的分析表明,干旱程度对公司创新数量和质量均具有显著的边际提升效应。这说明一定程度的干旱向公司传递了未来可能存在气候风险的“信号”,激励公司进行创新活动,从而支持了“环境激励效应”假说。

接着,我们考虑公司搬迁导致的地理位置自选择对基准结论的潜在影响。以往基于公司所在地开展的研究常常面临公司对所在地进行自主选择的问题(徐现祥和李书娟,2019),气候变化也可能导致公司进行选择性的迁址,从而影响本文的结论。但这一自选择问题在本文中可能不会产生明显的影响,在219家样本公司中,仅有25家公司在样本期间内发生了跨省迁址,这说明绝大多数公司并未由于气候变化或其他原因进行搬迁。为了进一步排除公司搬迁给本文结果带来的影响,我们将对在样本期内出现跨省迁址的公司进行剔除而后重新估计式(1),并将回归结果报告于表4。在该表中,PDSI的系数均显著为负,与表3结果一致,表明公司搬迁并未显著影响结论。

表 4 排除公司地理位置自选择偏差的影响

	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
PDSI	-0.035 *** (-3.132)	-0.032 ** (-2.560)	-0.044 *** (-2.869)	-0.030 * (-1.700)
Asset	0.253 *** (3.475)	0.209 *** (2.922)	0.220 ** (2.122)	0.174 * (1.822)
Roe	0.010 (0.443)	0.025 (1.105)	0.010 (0.350)	0.016 (0.533)
Lev	-0.072 ** (-2.548)	-0.193 (-1.061)	-0.072 * (-1.913)	-0.039 (-0.895)

续表

	LogPatent _{<i>t+1</i>}	LogPatent _{<i>t+2</i>}	LogCitation _{<i>t+1</i>}	LogCitation _{<i>t+2</i>}
	(1)	(2)	(3)	(4)
Shareh5	0.022 (0.535)	-0.040 (-0.174)	0.030 (0.542)	-0.004 (-0.087)
Age	-0.015 (-0.337)	-0.071 (-1.288)	-0.009 (-0.125)	-0.105 (-1.298)
Soe	0.078 (1.539)	0.093 * (1.715)	0.069 (0.936)	0.112 (1.432)
Board	0.051 ** (2.026)	0.049 * (1.972)	0.092 ** (2.003)	0.088 ** (1.997)
IndeB	-0.009 (-0.243)	-0.007 (-0.226)	-0.027 (-0.527)	-0.011 (-0.214)
Tobinq	0.038 (1.433)	0.056 ** (2.352)	0.043 (1.278)	0.067 * (1.916)
Gdpgrowth	-1.468 (-1.062)	-0.651 (-0.475)	-1.579 (-0.874)	0.017 (0.381)
Popu	-0.042 (-0.124)	-0.118 (-0.319)	-0.130 (-0.264)	-0.377 (-0.712)
Constant	0.582 (0.204)	1.267 (0.409)	1.346 (0.322)	3.331 (0.762)
Firm_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
City_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	1581	1396	1581	1396
R ²	0.61	0.61	0.52	0.53

注：括号内的数字为对应的 *t* 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著；系数标准误差聚类到行业和年度层面。

由地理位置差异导致的社会经济和文化教育异质性带来的遗漏变量问题也可能驱动本文基准结论。虽然基准回归中的公司固定效应和城市固定效应有助于缓解这一问题,但为了进一步解决这一担忧,我们基于中国的地形分布特征寻找地理位置相近但气候差异较大的公司进行进一步检验。我国的地势分布自东向西海拔逐渐升高,大致表现为三级地理阶梯的特征。较高的地势对海洋季风带来的水汽具有一定的阻隔作用,导致我国西部地区相比东部地区普遍更为干旱。通过搜集中国各地级市的平均海拔高度,本文发现,我国地区海拔确实表现出三级阶梯状分布,具有明显的西高东低的地势特征以及显著的地理高度分界。其中,第二阶梯和第三阶梯两侧城市的分界线为“大兴安岭—太行山—巫山—雪峰山”,该线以西绝大部分城市平均海拔在 500 米以上,以东绝

大部分城市平均海拔在 500 米以下。由于平均海拔在 500 米以上的地区通常被认为是高原地区,我们以这一贯穿东北—西南地理分界线为界识别附近的气候敏感型公司,并以这些公司构建子样本。相比于分散于全国各地样本公司所面临的广泛经济文化条件差异,这部分子样本公司的地理位置相近,故面临更为相似的经济文化条件,但海拔高度的显著差异导致分界线两侧公司面临不同的气候条件。我们以此子样本进行回归,以缓解遗漏变量等因素的影响。

由于距离海洋远近也对地区气候干旱程度具有显著影响,我们以分界线两侧 500 千米狭长地带内的公司构建两组子样本,以尽可能地保留由海拔因素导致的干旱程度差异。表 5 的 Panel A 报告了这两组样本内的公司海拔差异以及所面临的干旱程度差异,其中变量 Height 为公司平均海拔高度,变量 PDSI 为公司平均干旱程度。由 Panel A 可知,在分界线两侧 500 千米的子样本中,西侧公司较东侧公司具有较高的海拔,面临更为干旱的气候,表明地势差异确实造成了相近地区干旱程度的显著差异。基于这一部分狭长地区的子样本,我们重新估计式(1),并将结果报告于表 5 的 Panel B 中。在 Panel B 中,进入回归的样本观测数大幅下降,但 PDSI 的系数均显著为负,故基于边界线附近的公司子样本对于干旱效应的估计得到了与基准回归一致的结论。换言之,在经济文化背景更为相近的子样本中,气候干旱对企业创新数量和创新质量的提升作用依然存在。

表 5 基于第二地理阶梯分界线附近子样本进行的检验

Panel A: 分界线两侧样本海拔和干旱程度检验				
	分界线西侧	分界线东侧	差异	
Height	1073. 51	157. 12	916. 39 ***	
PDSI	-2. 396	-1. 561	-0. 835 ***	
Panel B: 回归分析结果				
	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
PDSI	-0. 030 **	-0. 042 **	-0. 042 **	-0. 014 *
	(-2. 216)	(-2. 277)	(-2. 279)	(-1. 729)
Asset	0. 216 **	0. 219 **	0. 181	0. 038
	(2. 466)	(2. 414)	(1. 549)	(1. 220)
Roe	0. 035	0. 036	0. 064	0. 026 **
	(1. 109)	(1. 071)	(1. 489)	(2. 337)
Lev	-0. 040	-0. 095	-0. 008	0. 050
	(-0. 998)	(-0. 340)	(-0. 148)	(0. 480)
Shareh5	-0. 043	-0. 277	-0. 057	-0. 119
	(-0. 755)	(-0. 830)	(-0. 718)	(-0. 907)
Age	-0. 111 *	-0. 120	-0. 206 **	-0. 039
	(-1. 805)	(-1. 542)	(-2. 170)	(-1. 259)

续表

Panel B: 回归分析结果				
	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
Soe	0.115 ** (1.992)	0.090 (1.525)	0.169 ** (2.016)	0.045 * (1.855)
Board	0.032 (0.939)	-0.000 (-0.011)	0.091 (1.588)	0.011 (0.730)
IndeB	-0.003 (-0.066)	-0.001 (-0.016)	-0.022 (-0.251)	-0.005 (-0.280)
Tobinq	0.038 (1.041)	0.087 *** (3.300)	0.062 (1.385)	0.021 * (1.802)
Gdpgrowth	2.325 (1.288)	0.050 (1.047)	0.332 (0.124)	0.002 (0.074)
Popu	0.829 ** (2.048)	0.556 * (1.679)	0.524 (0.895)	0.203 (1.405)
Constant	-7.276 ** (-2.094)	0.116 (0.303)	-4.692 (-0.942)	0.083 (0.621)
Firm_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
City_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	890	787	890	787
R ²	0.57	0.56	0.47	0.41

注：括号内的数字为对应的 t 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著；系数标准误差聚类到行业和年度层面。

为了进一步确认气候敏感型公司的创新产出变化是地区干旱变化导致的结果，消除社会经济遗漏变量对基准结论的影响，我们使用倾向得分匹配 (Propensity Score Matching, PSM) 为气候敏感型公司匹配对照公司。具体而言，我们以模型中与公司特征相关的控制变量作为匹配变量，包括公司规模 (Asset)、盈利能力 (Roe)、资产负债率 (Lev)、股权集中度 (Shareh5)、公司年龄 (Age)、产权性质 (Soe)、董事会规模 (Board)、独董比例 (IndeB)、成长性 (Tobinq)。在匹配时，为每个气候敏感型公司每年从同一城市的其他行业上市公司中有放回地 1:1 匹配对照公司^①。采用这一设计的原因主要有两个方面：其一，基于相同城市的匹配可以确保气候敏感型公司与其对照组公司面临相同的政策背景和经济文化条件，同时其他行业的公司不易受干旱影响，故这一匹配过程有助于我们隔离其他公司特征的影响，从而捕捉干旱对气候敏感型公司

① 若无法找到其他行业的匹配公司，则将该公司从样本中删去。

的创新产出的驱动力;其二,获得与气候敏感型公司相似的其他行业公司便于我们以此为样本进行安慰剂检验,一些前人研究曾发现气温等单一气候对全行业的影响(如 Zhang et al.,2018;Chen and Yang,2019),但相关气象学研究表明干旱仅对农业相关公司产生较为明显的影响。因此,通过这一部分安慰剂检验,有助于明确我们的基准结论是由干旱这一复合气候特征驱动,而非气温或降水等单一气候特征导致。

经过匹配,我们得到了 2436 个气候敏感型公司和对照公司的“公司-年度”观测^①。我们针对这一匹配样本进行回归,并设置虚拟变量 PSM_Climate:若该观测来自气候敏感型公司,则取值为 1,否则为 0。同时,设置 PDSI 和 PSM_Climate 的交乘项 PDSI_PSM_Climate 并将该变量和 PSM_Climate 同时加入式(1)进行估计。若干旱提升了气候敏感型公司的创新水平,则我们预期 PDSI_PSM_Climate 显著为负。表 6 的 Panel A 报告了估计结果,PDSI_PSM_Climate 的系数显著为负,表明干旱对创新的促进作用主要存在于气候敏感型公司中。这明确了干旱影响气候敏感型公司的创新产出,而非由公司所在地的经济文化等因素驱动。为了进一步验证这一推断,我们以对照公司作为样本,重新估计式(1),以此作为安慰剂检验。表 6 的 Panel B 报告了估计结果,在对照公司样本中,PDSI 的系数均不显著,表明气候变化对于对照公司的创新产出没有显著影响。由此可见,干旱对社会经济条件和公司特征相似的其他行业公司的创新产出没有显著影响,这既验证了干旱对气候敏感型公司的创新产出的促进作用,也说明将气候敏感型公司作为研究样本的合理性。

表 6 对潜在内生性问题的讨论:使用倾向得分匹配

Panel A:PSM 匹配样本回归				
	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
PDSI	-0.028 (-0.799)	-0.058 (-1.331)	-0.023 (-0.488)	-0.035 (-0.621)
PDSI_PSM_Climate	-0.027** (-2.086)	-0.027* (-1.760)	-0.044** (-2.351)	-0.039* (-1.677)
PSM_Climate	0.073 (0.306)	0.049 (0.149)	0.196 (0.597)	0.117 (0.259)
Asset	0.096 (0.962)	0.030 (0.312)	0.042 (0.314)	-0.010 (-0.080)
Roe	-0.036 (-0.203)	0.044* (1.706)	-0.085 (-0.435)	0.032 (0.874)

① 两组公司在匹配变量上不存在显著差异,但为了节约篇幅,我们没有报告匹配变量的差异性检验。

续表

Panel A: PSM 匹配样本回归				
	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
Lev	-0.078 (-0.448)	0.079 (0.387)	-0.040 (-0.177)	0.079 (0.287)
Shareh5	0.057 (0.188)	-0.177 (-0.597)	-0.066 (-0.167)	-0.169 (-0.415)
Age	0.018 (0.272)	0.048 (0.671)	-0.055 (-0.541)	0.128 (1.394)
Soe	0.223 * (1.829)	0.119 * (1.685)	0.244 (1.403)	0.078 (1.579)
Board	0.017 (0.104)	0.040 (1.174)	0.124 (0.470)	-0.016 (-0.185)
IndeB	-0.084 (-0.203)	-0.132 (-0.374)	-0.190 (-0.366)	-0.020 (-0.368)
Tobinq	0.022 (0.679)	0.054 * (1.752)	0.046 (1.192)	0.081 * (1.696)
Gdpgrowth	-2.129 (-1.278)	-1.971 (-1.036)	-0.498 (-0.215)	0.011 (0.172)
Popu	-0.385 (-0.980)	-0.091 (-0.199)	-0.579 (-1.033)	-0.330 (-0.542)
Constant	0.997 (0.273)	1.095 (0.295)	3.414 (0.684)	3.017 (0.557)
Firm_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
City_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	2436	2142	2436	2142
R ²	0.75	0.73	0.69	0.69

Panel B: 安慰剂检验——基于对照组公司的回归结果				
	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
PDSI	-0.031 (-1.171)	-0.043 (-1.342)	-0.024 (-0.678)	-0.023 (-0.540)
Asset	0.105 (0.615)	0.003 (0.012)	0.056 (0.228)	-0.003 (-0.011)
Roe	-0.093 (-0.283)	0.869 (1.465)	0.139 (0.325)	0.798 (1.118)
Lev	0.419 (0.905)	0.593 (0.841)	0.364 (0.614)	0.171 (0.207)

续表

Panel B:安慰剂检验——基于对照组公司的回归结果				
	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
Shareh5	-0.630 (-0.952)	-0.755 (-0.978)	-1.009 (-1.054)	-0.261 (-0.258)
Age	-0.175 (-1.078)	-0.014 (-0.076)	-0.212 (-0.886)	0.167 (0.648)
Soe	0.621 *** (2.784)	0.024 (0.058)	0.817 * (1.881)	-0.121 (-0.228)
Board	-0.672 * (-1.892)	-0.263 (-0.596)	-0.836 (-1.617)	-0.074 (-0.123)
IndeB	-0.980 (-1.216)	-1.045 (-1.123)	-0.504 (-0.441)	-1.223 (-0.825)
Tobinq	0.034 (0.504)	0.190 ** (2.489)	0.095 (0.955)	0.263 *** (2.733)
Gdpgrowth	-4.861 (-1.238)	-0.854 (-0.178)	-1.011 (-0.175)	2.219 (0.364)
Popu	-1.473 (-1.227)	0.173 (0.109)	-1.748 (-1.006)	0.138 (0.064)
Constant	12.472 (1.267)	-1.491 (-0.118)	15.959 (1.114)	-1.603 (-0.097)
Firm_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
City_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	1076	937	1076	937
R ²	0.87	0.84	0.82	0.82

注:括号内的数字为对应的*t*值;***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著;系数标准误差聚类到行业和年度层面。

表5和表6的结果表明,干旱对创新的促进作用仅存在于气候敏感型公司中,故该效应不太可能是由遗漏变量驱动的。

综上,我们发现更干旱的气候有助于提升企业创新数量和创新质量。这说明气候干旱化可能为管理层提供了环境变化的信号,激励其进行创新活动,这与“环境激励效应”假说一致。接下来,我们将在此基础上进一步探讨气候干旱促进企业创新的推动因素。

3.2 干旱对公司创新的“倒逼”作用

为了应对干旱带来的不利影响,公司有可能直接针对干旱开展创新活动;也有可能通过在其他方面的创新提升收益,平衡干旱造成的损失。换言之,干

旱对公司创新可能存在“倒逼”作用。为了验证这一点,我们从公司盈利和经营成本两方面考察干旱对公司运营的影响,并进一步检验其对创新的影响。我们使用 Roe 度量公司盈利水平,对于每一个气候敏感型公司,我们在每一年滚动计算了过去三年公司盈利水平与 PDSI 的相关性,若二者正相关,则表明干旱对公司盈利具有积极影响;反之,则表明干旱对公司盈利产生了负面影响。我们设置虚拟变量 Sense_Profit,当干旱对盈利存在负面影响时取值为 1,否则为 0。接着,我们设置了 PDSI 和 Sense_Profit 的交乘项 PDSI_Sense_Profit,并重新估计式(1)。若过去的干旱对公司盈利产生负面影响“倒逼”公司进行创新,则 PDSI_Sense_Profit 的系数应为负。表 7 的 Panel A 报告了估计结果。各列 PDSI_Sense_Profit 的系数均显著为负,表明干旱对盈利水平的负面影响激励了公司进行创新。同时,我们以公司管理费用、财务费用和销售费用之和度量公司的经营成本,并计算每个公司过去三年公司经营成本与 PDSI 的相关性。若经营成本与 PDSI 负相关,则说明干旱提升了公司经营成本。基于经营成本与 PDSI 的相关系数,我们设置虚拟变量 Sense_Cost,若干旱程度与公司经营成本正相关,则取值为 1,否则为 0。我们在式(1)中加入 Sense_Cost 及其与 PDSI 的交乘项 PDSI_Sense_Cost。若干旱“倒逼”公司创新,则这一促进作用在经营成本上升的公司中应更为显著,PDSI_Sense_Cost 的系数应为负。表 7 的 Panel B 报告了估计结果,无论是以创新数量抑或创新质量作为被解释变量,PDSI_Sense_Cost 的系数均显著为负,表明干旱导致的经营成本提升“倒逼”公司参与创新。总之,表 7 的结果印证了干旱对公司创新具有“倒逼”作用,干旱对公司经营的负面影响激励了公司参与创新活动,提升了公司未来的创新数量和创新质量。

表 7 气候干旱对公司创新的“倒逼”作用

Panel A: “倒逼”作用——基于干旱对公司盈利的影响				
	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
PDSI	-0.014 (-0.417)	-0.087** (-2.163)	-0.020 (-0.388)	-0.044 (-0.812)
PDSI_Sense_Profit	-0.050** (-2.289)	-0.065*** (-3.038)	-0.077** (-2.143)	-0.072*** (-2.641)
Sense_profit	-0.003 (-0.119)	-0.002 (-0.041)	0.012 (0.351)	-0.021 (-0.284)
Asset	0.274*** (2.668)	0.254** (2.606)	0.231 (1.470)	0.135 (1.065)
Roe	0.082 (0.456)	0.236 (1.265)	0.107 (0.449)	0.328 (1.264)
Lev	-0.538** (-2.510)	-0.523* (-1.918)	-0.482 (-1.630)	-0.343 (-1.082)

续表

Panel A: “倒逼”作用——基于干旱对公司盈利的影响				
	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
Shareh5	0.250 (0.603)	0.337 (0.969)	-0.246 (-0.486)	0.239 (0.499)
Age	-1.010 (-1.557)	-1.031* (-1.763)	-0.667** (-2.069)	-2.224** (-2.185)
Soe	-0.034 (-0.294)	-0.024 (-0.238)	-0.106 (-0.637)	-0.062 (-0.419)
Board	0.316 (1.531)	0.354 (1.472)	0.485* (1.677)	0.524 (1.532)
IndeB	0.018 (0.031)	-0.185 (-0.304)	-0.261 (-0.307)	-0.173 (-0.213)
Tobinq	0.040 (1.213)	0.073** (2.359)	0.067 (1.521)	0.071 (1.473)
Gdpgrowth	0.567 (0.306)	-1.078 (-0.593)	2.643 (1.041)	1.416 (0.562)
Popu	-0.895* (-1.667)	-1.291** (-2.264)	-1.327* (-1.784)	-1.696* (-1.952)
Constant	8.406* (1.822)	9.347* (1.974)	3.687 (0.528)	16.093** (2.158)
Firm_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
City_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	861	732	861	732
R ²	0.63	0.64	0.57	0.57
Panel B: “倒逼”作用——基于干旱对公司成本的影响				
	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
PDSI	-0.047* (-1.736)	-0.049* (-1.709)	-0.065* (-1.699)	-0.025 (-0.607)
PDSI_Sense_Cost	-0.043*** (-2.829)	-0.041*** (-2.660)	-0.046** (-2.177)	-0.045** (-2.094)
Sense_Cost	0.029 (0.863)	0.014 (0.641)	0.003 (0.120)	0.023 (0.796)
Asset	0.321*** (4.005)	0.248*** (3.604)	0.323*** (2.745)	0.188** (2.043)
Roe	0.112 (0.692)	0.043* (1.805)	0.032 (1.011)	0.232 (1.016)

续表

Panel B: “倒逼”作用——基于干旱对公司成本的影响				
	LogPatent _{<i>t+1</i>}	LogPatent _{<i>t+2</i>}	LogCitation _{<i>t+1</i>}	LogCitation _{<i>t+2</i>}
	(1)	(2)	(3)	(4)
Lev	-0.413 ** (-2.290)	-0.040 (-0.984)	-0.310 (-1.340)	-0.288 (-1.052)
Shareh5	0.040 (0.865)	0.117 (0.431)	0.032 (0.542)	0.051 (0.810)
Age	-0.217 ** (-2.555)	-0.313 *** (-3.433)	-0.498 ** (-2.290)	-0.491 *** (-3.377)
Soe	0.120 ** (2.400)	0.254 ** (2.604)	0.122 * (1.660)	0.304 ** (2.073)
Board	0.033 (1.148)	0.059 * (1.714)	0.050 (0.952)	0.090 (1.469)
IndeB	-0.212 (-0.505)	-0.255 (-0.668)	-0.089 (-1.309)	-0.042 (-0.676)
Tobinq	0.065 ** (2.083)	0.061 ** (2.310)	0.085 ** (2.127)	0.074 * (1.895)
Gdpgrowth	-1.392 (-0.904)	-0.954 (-0.633)	-0.917 (-0.470)	0.908 (0.451)
Popu	-0.330 (-0.810)	-0.555 (-1.265)	-0.585 (-1.101)	-0.574 (-0.921)
Constant	2.578 (0.740)	4.085 (1.103)	4.360 (0.968)	3.773 (0.723)
Firm_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
City_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	1331	1168	1331	1168
R ²	0.64	0.64	0.56	0.56

注：括号内的数字为对应的 *t* 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著；系数标准误差聚类到行业和年度层面。

接着,我们从“资源诅咒”假说的角度探讨干旱对公司创新的“倒逼”作用。在气候条件更为恶劣的地区,即相对干旱的地区,为了谋求公司生存或确立竞争优势,公司有更强的动机参与创新,而其他气候条件较为温和地区的公司则缺乏这种激励。我们以样本期间的平均干旱水平度量地区的总体气候状况。具体而言,我们计算了各城市在样本期内的 PDSI 均值,并以此定义虚拟变量 Arid,若 PDSI 均值小于 0,则 Arid 取 1,表示该地区总体气候条件较为干旱,否则 Arid 为 0。我们将 Arid 与 PDSI 的交乘项 PDSI_Arid 纳入式(1)进行回归,结果如表 8 所示。PDSI_Arid 的系数均显著为负,表明在总体气候较为干旱的地区,干旱对创新的“倒逼”作用更强。这在一定程度上支持了“资源诅咒”假说,

即在环境更恶劣的地区,气候干旱对公司创新的促进作用越强。

表 8 气候干旱、资源诅咒效应与公司创新

	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
PDSI	-0.043 ** (-2.117)	-0.046 * (-1.771)	-0.081 *** (-2.838)	-0.067 * (-1.679)
PDSI_Arid	-0.038 *** (-2.914)	-0.035 ** (-2.434)	-0.047 *** (-2.670)	-0.039 ** (-2.035)
Asset	0.233 *** (3.283)	0.182 *** (2.627)	0.203 * (1.962)	0.139 (1.514)
Roe	0.000 (0.017)	0.034 (1.412)	0.004 (0.158)	0.027 (0.833)
Lev	-0.052 ** (-1.978)	-0.080 (-0.468)	-0.044 (-1.257)	-0.013 (-0.308)
Shareh5	0.037 (0.922)	0.055 (0.250)	0.045 (0.869)	0.021 (0.442)
Age	0.001 (0.019)	-0.046 (-0.812)	0.014 (0.196)	-0.081 (-0.993)
Soe	0.100 ** (2.071)	0.102 ** (1.981)	0.104 (1.433)	0.125 (1.645)
Board	0.056 ** (2.154)	0.060 ** (2.426)	0.107 ** (2.225)	0.110 ** (2.425)
IndeB	-0.004 (-0.102)	-0.008 (-0.261)	-0.018 (-0.349)	-0.014 (-0.280)
Tobinq	0.048 * (1.953)	0.050 ** (2.201)	0.050 (1.576)	0.059 (1.570)
Gdpgrowth	-1.475 (-1.037)	-0.644 (-0.455)	-0.846 (-0.425)	0.022 (0.485)
Popu	0.027 (0.080)	-0.061 (-0.162)	0.039 (0.076)	-0.202 (-0.539)
Constant	0.032 (0.011)	0.755 (0.239)	-0.044 (-0.010)	0.148 (0.579)
Firm_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
City_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	1715	1508	1715	1508
R ²	0.62	0.62	0.53	0.54

注:括号内的数字为对应的 t 值;***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著;系数标准误差聚类到行业和年度层面。

总之,表 7 和表 8 的实证结果支持干旱对公司创新的“倒逼”作用,即公司通过创新来应对气候环境恶化对公司经营造成的负面影响

3.3 管理层对于干旱信号的捕捉

接下来,我们关注公司管理层对气候信号的捕捉。气候条件的恶化为公司的运营带来了挑战,管理层的远见有助于其捕捉气候变化带来的竞争机会,从而提升研发强度,增强公司创新能力。为了验证这一解释,我们从 CEO 的受教育程度和高管对气候变化的关注度度量管理层对于干旱信号的捕捉,并对应地进行实证检验。

教育对个人行为具有重要影响,Bantel and Jackson(1989)发现受教育程度更高的 CEO 具有更强的风险容忍程度,其行为更具有长期倾向。因此,我们使用 CEO 的受教育程度度量管理层远见,并预期 CEO 受教育程度越高,干旱气候对公司创新的推动作用更强。我们从 CNRDS 数据库获取了 CEO 的教育背景数据,并定义变量 Education,若 CEO 获得了硕士及以上学历,则取值为 1,本科及以下取 0。同时,我们设置 Education 和 PDSI 的交乘项 PDSI_Edu,将其和 Education 同时加入式(1)中,并预期 PDSI_Edu 的系数为负。表 9 报告了估计结果,PDSI_Edu 的交乘项均显著为负,表明当 CEO 学历较高时,干旱对创新数量和创新质量的促进作用更明显。这一结果印证了我们的推测,即更高的受教育程度带来的管理层远见有助于公司识别气候变化带来的机会,从而促进创新。

表 9 气候变化、CEO 学历与公司创新

	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
PDSI	-0.060 ** (-2.431)	-0.057 * (-1.888)	-0.085 ** (-2.480)	-0.053 (-1.125)
PDSI_Edu	-0.036 *** (-2.687)	-0.042 *** (-2.824)	-0.064 *** (-3.191)	-0.052 *** (-2.852)
Education	0.031 (1.147)	0.083 (1.573)	0.002 (0.028)	0.038 (0.488)
Asset	0.203 *** (2.968)	0.174 *** (2.827)	0.124 (1.260)	0.130 (1.633)
Roe	-0.005 (-0.214)	0.064 ** (2.585)	0.015 (0.515)	0.071 ** (2.080)
Lev	-0.050 * (-1.817)	-0.103 (-0.567)	-0.024 (-0.623)	-0.011 (-0.220)
Shareh5	0.014 (0.318)	0.035 (0.137)	0.026 (0.453)	0.032 (0.583)
Age	0.009 (0.195)	-0.014 (-0.235)	0.010 (0.134)	-0.065 (-0.717)

续表

	LogPatent _{<i>t</i>+1}	LogPatent _{<i>t</i>+2}	LogCitation _{<i>t</i>+1}	LogCitation _{<i>t</i>+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
Soe	0.063 (1.252)	0.096** (2.001)	0.089 (1.259)	0.139* (1.948)
Board	0.049* (1.902)	0.036 (1.432)	0.095** (2.185)	0.082* (1.889)
IndeB	0.040 (0.991)	-0.007 (-0.167)	0.048 (0.789)	0.004 (0.077)
Tobinq	0.043 (1.628)	0.042* (1.696)	0.033 (0.985)	0.051 (1.181)
Gdpgrowth	-2.899* (-1.711)	-2.302 (-1.387)	-2.516 (-1.039)	-0.025 (-0.475)
Popu	0.023 (0.063)	-0.087 (-0.192)	-0.327 (-0.581)	-0.563 (-0.853)
Constant	0.486 (0.154)	1.189 (0.314)	3.498 (0.742)	4.920 (0.901)
Firm_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
City_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	1426	1258	1426	1258
R ²	0.61	0.61	0.53	0.55

注:括号内的数字为对应的 *t* 值;***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著;系数标准误差聚类到行业和年度层面。

我们对公司历年年度财务报告进行文本分析,从中捕捉管理层对气候风险的关注。若管理层关注气候风险,则很有可能在年报中对这一风险进行讨论。当管理层关注气候风险对公司运营的负面影响时,干旱对公司创新的“倒逼”作用应当更强。我们从年报中提取与干旱相关的气候风险关键词的词频,以此衡量管理层对气候干旱的关注^①。年报中存在相关关键词表明公司管理层注意到了气候风险的潜在影响,否则表明管理层尚未对气候风险给予足够的关注。我们设置变量 ClimateConcern,当公司年报中首次出现气候风险相关词汇后取 1,否则取 0。同时,我们创建 ClimateConcern 和 PDSI 的交乘项 PDSI_ClimateConcern,并将其与 ClimateConcern 一同加入式(1)中进行重新估计。表 10 报告了估计结果,PDSI_ClimateConcern 的系数显著为负,表明对气候风险的关注提升了公司创新产出对气候变化的敏感性,当管理层关注气候风险时,干旱对创新数量和创新质量的提升更为显著。

^① 这些关键词包括:气候,干旱,旱灾,抗旱,气温,高温,海温,降水,潮湿,湿度,缺水,厄尔尼诺现象,暖流,寒流,季风,拉尼娜现象,温度上升,空气温度,旱涝灾害,极端天气。

表 10 气候变化、气候风险关注与公司创新

	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
PDSI	-0.032 (-1.337)	-0.019 (-0.818)	-0.052 (-1.594)	-0.018 (-0.489)
PDSI_ClimateConcern	-0.045 *** (-3.079)	-0.048 *** (-2.825)	-0.059 *** (-2.681)	-0.053 ** (-2.199)
ClimateConcern	0.048 (0.861)	0.043 (0.751)	0.034 (0.883)	0.035 (0.688)
Asset	0.229 *** (3.228)	0.176 ** (2.598)	0.194 * (1.900)	0.131 (1.443)
Roe	-0.003 (-0.021)	0.230 (1.313)	0.026 (0.127)	0.025 (0.762)
Lev	-0.279 * (-1.948)	-0.075 (-0.439)	-0.044 (-1.239)	-0.070 (-0.304)
Shareh5	0.245 (0.908)	0.049 (0.223)	0.312 (0.903)	0.139 (0.430)
Age	-0.013 (-0.232)	-0.070 (-1.052)	-0.001 (-0.014)	-0.113 (-1.154)
Soe	0.197 ** (2.004)	0.198 * (1.897)	0.205 (1.388)	0.119 (1.522)
Board	0.289 ** (2.043)	0.316 ** (2.314)	0.103 ** (2.090)	0.107 ** (2.266)
IndeB	-0.029 (-0.086)	-0.080 (-0.274)	-0.018 (-0.346)	-0.014 (-0.281)
Tobinq	0.048 ** (1.988)	0.050 ** (2.238)	0.060 (1.584)	0.059 (1.574)
Gdpgrowth	-1.484 (-1.076)	-0.637 (-0.453)	-1.069 (-0.540)	0.018 (0.383)
Popu	0.061 (0.178)	-0.007 (-0.017)	0.005 (0.011)	-0.289 (-0.522)
Constant	-0.965 (-0.331)	-0.461 (-0.144)	0.149 (0.034)	2.811 (0.617)
Firm_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
City_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	1715	1508	1715	1508
R ²	0.62	0.62	0.53	0.54

注: 括号内的数字为对应的 t 值; ***, **, * 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著; 系数标准误差聚类到行业和年度层面。

3.4 拓展分析——子公司地理分散度

在之前的研究中,我们发现干旱对创新的促进作用主要是由两个因素驱动的结果。其一,干旱“倒逼”公司创新;其二,管理层对于干旱信号的捕捉。这些发现符合“环境激励”假说^①。在这一部分将进一步深化本文结论。考虑到气候特征具有区域差异,以及一些公司存在跨区域经营的情况,我们基于子公司信息检验地理分散度对基准结论的影响。

虽然上市公司的主要业务集中于总部所在地,但来自异地子公司的收入分散程度也会对公司行为产生影响。García and Norli (2012)指出,子公司地理分散度越高的公司,有更多的收入来自总部所在地之外的地区,由此受到当地风险因子的影响程度小于子公司地理分布集中的公司。Huynh et al. (2020)也发现子公司地理分散程度越高的公司资本成本受当地气候风险的负面影响更小。因此,我们推测,子公司的地理分散程度越高,干旱对上市公司的创新激励作用就越弱。我们根据年报中披露的子公司名称识别子公司所在地,构建赫芬达尔指数度量子公司的地理分散程度^②。具体而言,对于每一个上市公司每一年构建如下指标:

$$Geo = \sum_{j=1}^n \left(\frac{Sub_count_province_j}{Sub_count} \right)^2 \quad (2)$$

其中,Geo 为上市公司的子公司地理分散度;Sub_count_province_j 为上市公司在 j 省的子公司数量;Sub_count 为上市公司的子公司总数。Geo 越大,表示该上市公司的子公司在地理上的分散度越低。我们设置 PDSI 和 Geo 的交乘项 PDSI_Geo 并将其与 Geo 单变量同时加入式(1)中,重新估计该式。表 11 报告了估计结果,其中 PDSI_Geo 的回归系数均显著为负,表明子公司地理分散度对于旱的创新促进作用的影响是显著的,当地理分散度越低时,干旱对公司创新的影响越强。由此支持了我们的推测,即子公司在地理分布上的分散降低了气候风险的集中程度,因而干旱对上市公司的创新激励作用随着子公司在地理上的分散而降低。

① 考虑到农业事关我国战略安全,我们还检验了在气候变化的背景下政府科技补贴推动企业创新的可能性。我们从上市公司的年报中提取其所接收的补贴的信息,并将包含关键词“专利”“科技”“技术”“研发”“创新”“知识产权”“人才”和科技专项计划如“863 计划”的补助项目识别为科技补助,并实证检验政府对企业的科技补助是否会受到气候情况的影响。然而,我们并未找到相应的证据表明政府通过提供科技补助以支持企业应对气候风险。

② 目前我国上市公司对子公司的披露缺失严重且不规范,导致我们无法基于各子公司收入构建地理分散程度指标。据我们搜集到的子公司数据,超过 80% 的上市公司未规范披露其子公司的资产和收入信息。因此,我们参考 García and Norli (2012) 的研究,转而关注子公司的地理分布。通常认为,若上市公司在某地区开设较多子公司,则表明该地区是较为重要的业务来源地。因此,我们以上市公司子公司的地理分散度近似地度量其业务经营的地理分散程度。

表 11 气候变化、子公司地理分散度与创新

	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
PDSI	-0.043 ** (-2.093)	-0.042 * (-1.700)	-0.083 *** (-2.725)	-0.054 (-1.317)
PDSI_Geo	-0.042 ** (-2.436)	-0.042 ** (-2.438)	-0.053 ** (-2.371)	-0.044 ** (-1.975)
Geo	-0.063 (-0.864)	0.030 (0.370)	0.060 (0.600)	0.035 (0.984)
Asset	0.230 *** (3.174)	0.183 *** (2.677)	0.198 * (1.911)	0.139 (1.529)
Roe	0.000 (0.003)	0.034 (1.409)	0.005 (0.182)	0.028 (0.845)
Lev	-0.283 ** (-1.975)	-0.082 (-0.479)	-0.044 (-1.247)	-0.013 (-0.326)
Shareh5	0.247 (0.923)	0.062 (0.283)	0.047 (0.921)	0.024 (0.513)
Age	0.002 (0.055)	-0.047 (-0.813)	0.014 (0.200)	-0.079 (-0.969)
Soe	0.101 ** (2.116)	0.101 * (1.965)	0.107 (1.462)	0.124 (1.639)
Board	0.054 ** (2.095)	0.061 ** (2.464)	0.106 ** (2.221)	0.111 ** (2.427)
IndeB	-0.003 (-0.095)	-0.008 (-0.260)	-0.019 (-0.365)	-0.016 (-0.305)
Tobinq	0.048 * (1.944)	0.050 ** (2.180)	0.050 (1.552)	0.058 (1.549)
Gdpgrowth	-1.498 (-1.075)	-0.675 (-0.477)	-0.932 (-0.471)	0.020 (0.448)
Popu	-0.019 (-0.055)	-0.049 (-0.126)	0.005 (0.010)	-0.276 (-0.495)
Constant	0.490 (0.170)	0.575 (0.176)	0.237 (0.053)	2.452 (0.527)
Firm_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
City_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	1715	1508	1715	1508
R ²	0.62	0.62	0.53	0.54

注: 括号内的数字为对应的 t 值; ***, **、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著; 系数标准误差聚类到行业和年度层面。

3.5 稳健性检验

我们对基准结论进行稳健性检验。首先,我们调整公司创新的衡量方式。一些研究从创新投入的角度使用研发支出度量公司创新(如石晓军和王鹞然,2017)。参考这些研究,我们定义 RD 为公司当年研发投入与资产规模的比值,并将其作为被解释变量;也有研究使用公司创新效率作为创新能力的度量(Hirshleifer et al.,2013;Zhong,2018)。因此,我们分别设置 Efpa 和 Efpc 度量创新。其中,Efpa 为专利申请量与过去五年研发投入加权平均值的比值,Efpc 为专利引用量与过去五年研发投入加权平均值的比值^①。表 12 报告了相关结果,PDSI 的系数均显著为负。虽然我们从投入端和从创新效率角度调整了创新的度量,基准结论依然稳健。

表 12 稳健性检验 1:更换公司创新的度量

	RD _{t+1}	RD _{t+2}	Efpa _{t+1}	Efpa _{t+2}	Efpc _{t+1}	Efpc _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
PDSI	-0.018 ** (-2.287)	-0.024 *** (-2.716)	-0.124 ** (-2.034)	-0.166 ** (-2.008)	-0.309 * (-1.740)	-0.413 * (-1.869)
Asset	0.042 (1.129)	-0.020 (-0.476)	0.153 (0.523)	-0.082 (-0.184)	0.193 (0.229)	-0.440 (-0.366)
Roe	0.021 (1.544)	0.018 (1.069)	-0.295 (-0.382)	0.113 (0.493)	-0.178 (-0.071)	-0.103 (-0.021)
Lev	-0.039 * (-1.691)	0.296 * (1.884)	0.357 (0.434)	-0.127 (-0.133)	-0.232 (-0.113)	-0.660 (-1.506)
Shareh5	0.053 (1.471)	0.075 ** (2.038)	0.391 ** (2.073)	0.195 (1.352)	0.974 * (1.684)	0.597 (1.320)
Age	-0.102 ** (-2.456)	-0.197 *** (-4.753)	1.079 *** (2.977)	0.927 ** (2.167)	3.674 *** (3.570)	2.912 ** (2.479)
Soe	0.018 (0.696)	0.053 (0.870)	-0.011 (-0.030)	-0.372 (-0.505)	-0.248 (-0.140)	-0.992 (-0.536)
Board	0.038 ** (1.978)	0.179 * (1.867)	-0.140 (-0.213)	0.134 (0.796)	0.253 (0.659)	0.566 (1.167)
IndeB	0.722 *** (2.990)	0.784 *** (3.624)	-0.236 (-1.264)	-0.392 (-1.527)	-0.465 (-0.827)	-0.954 * (-1.677)
Tobinq	0.029 (1.650)	0.051 ** (2.426)	0.238 * (1.745)	0.033 (0.198)	0.319 (0.874)	-0.078 (-0.169)

① 以 Efpa 为例,创新效率的计算过程为:Efpa=公司申请并获得授权的专利数量/(0.2×之前第四年研发投入+0.4×之前第三年研发投入+0.6×之前第二年研发投入+0.8×之前第一年研发投入+当年研发投入)。Efpc 的计算过程与此类似。

续表						
	RD _{<i>t+1</i>}	RD _{<i>t+2</i>}	Efpa _{<i>t+1</i>}	Efpa _{<i>t+2</i>}	Efpc _{<i>t+1</i>}	Efpc _{<i>t+2</i>}
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Gdpgrowth	-1.616 *	-2.341 **	0.358 *	0.637 **	0.804	1.874 **
	(-1.663)	(-1.991)	(1.699)	(2.039)	(1.383)	(2.101)
Popu	-0.498	-1.005 **	1.976	3.017	3.059	5.301
	(-1.531)	(-2.566)	(1.159)	(1.399)	(0.609)	(0.869)
Constant	4.182	8.598 **	-18.220	-25.293	-30.153	-39.284
	(1.530)	(2.489)	(-1.257)	(-1.375)	(-0.724)	(-0.777)
Firm_FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
City_FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	1715	1508	1505	1337	1533	1358
R ²	0.75	0.77	0.36	0.38	0.33	0.34

注：括号内的数字为对应的 *t* 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著；系数标准误差聚类到行业和年度层面。

其次,我们考虑专利申请的“截断问题”(truncation issues)。一方面,观测专利可能存在时滞问题。由于专利审核流程尚未完成,一些最近几年申请的专利可能尚未公开,从而没有进入数据库;另一方面,专利被引数量也需要时间积累,因此样本末期的专利被引数量会明显低于样本中前期。我们已经在式(1)中加入年度固定效应进行控制,以缓解截断问题的影响。由于截断问题主要存在于样本期间后期,为了更进一步缓解这一问题的影响,我们直接剔除本文样本期间内最后两年的观测来考察结论的稳健性。在表 13 中,PDSI 的系数在各列中均显著为负,说明在剔除样本末期的观测值后结果依然稳健,截断问题并未对文章结论造成明显的影响。

表 13 稳健性检验 2:考虑样本截断问题

	LogPatent _{<i>t+1</i>}	LogPatent _{<i>t+2</i>}	LogCitation _{<i>t+1</i>}	LogCitation _{<i>t+2</i>}
	(1)	(2)	(3)	(4)
PDSI	-0.028 **	-0.025 **	-0.040 ***	-0.017 *
	(-2.568)	(-2.096)	(-2.665)	(-1.724)
Asset	0.340 ***	0.259 ***	0.348 ***	0.098 **
	(4.575)	(3.270)	(3.422)	(2.472)
Roe	0.003	0.046 **	0.077	0.028 *
	(0.132)	(2.030)	(0.325)	(1.698)
Lev	-0.074 **	-0.028	-0.082 **	-0.008
	(-2.431)	(-0.820)	(-2.164)	(-0.340)
Shareh5	0.047	0.223	0.044	0.031
	(1.110)	(0.956)	(0.814)	(1.072)

续表

	LogPatent _{<i>t</i>+1}	LogPatent _{<i>t</i>+2}	LogCitation _{<i>t</i>+1}	LogCitation _{<i>t</i>+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
Age	0.002 (0.040)	-0.039 (-0.660)	0.026 (0.335)	-0.095** (-2.286)
Soe	0.121** (2.372)	0.141*** (2.837)	0.127 (1.612)	0.089** (2.243)
Board	0.047* (1.819)	0.053** (2.126)	0.102** (2.070)	0.061*** (2.672)
IndeB	0.003 (0.090)	0.005 (0.161)	-0.014 (-0.267)	-0.012 (-0.462)
Tobinq	0.034 (1.341)	0.027 (1.159)	0.034 (1.040)	0.036* (1.667)
Gdpgrowth	-0.738 (-0.494)	0.118 (0.079)	-0.226 (-0.106)	-0.011 (-0.409)
Popu	0.245 (0.622)	0.229 (0.515)	0.267 (0.456)	0.094 (0.299)
Constant	-1.698 (-0.509)	-1.760 (-0.472)	-1.830 (-0.368)	-0.759 (-0.290)
Firm_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
City_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	1530	1348	1530	1348
R ²	0.65	0.65	0.56	0.50

注：括号内的数字为对应的 *t* 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著；系数标准误差聚类到行业和年度层面。

接着,我们排除异地子公司驱动结果的可能性。在拓展分析中,我们发现子公司地理分散度越高,干旱的创新促进作用越弱。为了进一步减缓相关噪声对基准结论的影响,我们将异省子公司数量占比大于 50% 的气候敏感型公司从样本中删去,并重新估计式(1)。表 14 报告了相关稳健性检验的结果,在删去子公司异地分散度较高的公司后,PDSI 的系数依然显著为负,与基准结果一致。由此可见,基准结果不是由异地子公司导致的气候特征识别噪声驱动的。

表 14 稳健性检验 3:删去异地子公司占比较大的样本

	LogPatent _{<i>t</i>+1}	LogPatent _{<i>t</i>+2}	LogCitation _{<i>t</i>+1}	LogCitation _{<i>t</i>+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
PDSI	-0.030** (-2.242)	-0.033** (-2.298)	-0.036** (-2.049)	-0.041** (-2.121)

续表

	LogPatent _{<i>t+1</i>}	LogPatent _{<i>t+2</i>}	LogCitation _{<i>t+1</i>}	LogCitation _{<i>t+2</i>}
	(1)	(2)	(3)	(4)
Asset	0.249 *** (3.715)	0.226 *** (3.546)	0.284 *** (3.368)	0.228 *** (3.045)
Roe	0.024 (0.980)	0.047 ** (2.369)	0.036 (1.115)	0.046 * (1.716)
Lev	-0.056 * (-1.718)	-0.078 (-0.369)	-0.049 (-1.221)	-0.083 (-0.293)
Shareh5	-0.006 (-0.125)	-0.165 (-0.579)	-0.019 (-0.304)	-0.125 (-0.292)
Age	-0.060 (-1.284)	-0.138 *** (-2.709)	-0.084 (-1.186)	-0.174 ** (-2.227)
Soe	0.029 (0.589)	0.069 (1.622)	0.021 (0.274)	0.117 (1.541)
Board	0.086 *** (3.031)	0.079 *** (2.835)	0.128 *** (2.633)	0.106 ** (2.290)
IndeB	0.048 (0.933)	0.074 ** (2.206)	0.039 (0.454)	0.779 (1.341)
Tobinq	0.025 (0.942)	0.049 * (1.936)	0.023 (0.689)	0.069 * (1.782)
Gdpgrowth	-2.077 (-1.244)	-0.081 (-0.052)	-1.636 (-0.778)	0.045 (0.946)
Popu	-0.691 * (-1.777)	-0.578 (-1.348)	-0.645 (-1.274)	-0.409 (-0.668)
Constant	6.258 * (1.903)	5.241 (1.467)	5.989 (1.394)	3.714 (0.733)
Firm_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
City_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	1230	1104	1230	1104
R ²	0.58	0.58	0.49	0.49

注：括号内的数字为对应的 *t* 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著；系数标准误差聚类到行业和年度层面。

最后，我们考虑对 PDSI 进行栅格插补。在基准回归中，我们基于最近距离的 PDSI 栅格点识别公司面临的干旱程度，故一些公司与栅格点之间较远的距离可能导致对气候风险的识别不够精确。为了缓解这一误差对基准结论的影响，我们对平原地区的栅格点进行线性插补，并将加密后的栅格点中距离公司最近栅格点的 PDSI 取值作为公司面临的干旱程度，记为 PDSI2。由于在平原地区地形起伏较小，气候变化相对平滑，为了降低插补导致的度量误差，我们将样

本限制在位于海拔 250 米以下、地形起伏度在 0.5 以下平原城市的公司^①。最后,重复式(1)的估计过程,并将结果报告于表 15。由该表可知,无论被解释变量为 LogPatent 还是 LogCitation,PDSI2 的系数均显著为负,这说明干旱气候的创新促进作用不是由于干旱程度的识别误差导致的,基准结果是稳健的。

表 15 稳健性检验 4:样本限定为地理起伏度较小的地区

	LogPatent _{t+1}	LogPatent _{t+2}	LogCitation _{t+1}	LogCitation _{t+2}
	(1)	(2)	(3)	(4)
PDSI2	-0.032 ** (-2.093)	-0.031 ** (-2.149)	-0.047 ** (-2.050)	-0.018 * (-1.771)
Asset	0.138 * (1.838)	0.132 * (1.878)	0.093 (0.921)	0.047 (1.118)
Roe	-0.197 (-0.778)	0.107 (0.478)	-0.226 (-0.724)	0.015 (0.851)
Lev	-0.489 ** (-2.441)	-0.367 (-1.365)	-0.518 ** (-1.984)	0.027 (0.164)
Shareh5	0.059 (1.198)	0.245 (0.677)	0.098 (1.450)	0.011 (0.352)
Age	0.104 (1.366)	0.061 (0.638)	0.140 (1.090)	-0.048 (-1.148)
Soe	0.106 * (1.686)	0.260 ** (2.172)	0.101 (0.941)	0.109 ** (2.334)
Board	0.017 (0.593)	0.174 (1.032)	0.067 (1.108)	0.045 * (1.713)
IndeB	-0.007 (-0.151)	0.034 (0.098)	-0.030 (-0.419)	-0.038 (-1.289)
Tobinq	0.046 (1.435)	0.022 (0.595)	0.035 (0.806)	0.030 (1.295)
Gdpgrowth	-3.780 * (-1.692)	-5.632 ** (-2.316)	-5.616 (-1.502)	-2.464 (-1.504)
Popu	0.029 (0.049)	-0.711 (-0.966)	-0.220 (-0.213)	-0.473 (-1.246)
Constant	0.262 (0.049)	3.467 (0.536)	2.659 (0.288)	4.399 (1.314)
Firm_FE	Yes	Yes	Yes	Yes

① 我们参考封志明等(2007)定义一座城市的地形起伏度: $RDLS = \{ [\text{Max}(H) - \text{Min}(H)] \times [1 - P(A) / A] \} / 500$, 其中, RDLS 为地形起伏度; $\text{Max}(H)$ 和 $\text{Min}(H)$ 分别为区域内的最高海拔与最低海拔; $P(A)$ 为区域内的平地面积(km^2); A 为区域总面积。25 平方千米范围内的高差小于 30 米的区域即视为平地。

续表

	LogPatent _{<i>t+1</i>}	LogPatent _{<i>t+2</i>}	LogCitation _{<i>t+1</i>}	LogCitation _{<i>t+2</i>}
	(1)	(2)	(3)	(4)
City_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	992	868	992	868
<i>R</i> ²	0.63	0.62	0.53	0.49

注：括号内的数字为对应的 *t* 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著；系数标准误差聚类到行业和年度层面。

4 结论

本文关注干旱这一气候条件对微观公司创新的影响效应。基于 2000 年至 2017 年我国沪深 A 股的气候敏感型公司,我们以 PDSI 度量地区干旱程度,研究发现干旱激励企业进行创新活动,支持了气候恶化对公司创新的“环境激励效应”假说。在对“环境激励效应”的深入探讨中,我们发现,当干旱对公司经营活动造成负面影响,或当地区总体气候水平较为干旱时,干旱对公司创新的促进作用更强。由此可见,气候恶化对经营活动的负面影响将“倒逼”企业进行创新,以应对气候风险。我们还发现,受教育程度更高的 CEO 和更加关注气候风险的公司管理层更擅长捕捉干旱信号,从而推动公司的创新决策。最后,我们讨论了子公司地理分散度对“环境激励效应”的影响,发现当子公司地理分散度较低时,干旱对公司创新的促进作用更强,表明气候变化的经济后果具有地域性特征。

本文从创新的角度入手,研究了气候变化对公司行为的影响,补充了气候金融领域的相关文献。不同于一些关注气候灾害经济后果的研究,我们发现气候条件的边际变化同样可能影响公司行为。由于农业生产过程对气候条件的变化极度敏感,我们关注了农业相关的行业,并发现干旱程度的增强激励公司创新。一方面说明管理者在决策时能捕捉到气候变化信号,并将其纳入决策框架;另一方面也说明气候是影响公司创新的因素。由此,本文揭示了气候因素影响公司决策的表现及其机制,并补充了创新领域的相关研究。再者,本文的研究还为我国政府的相关决策机构及政策制定者提供了关于气候变化与公司创新的经验证据,具有明确的现实意义。随着国家对气候问题的愈加重视,研究气候变化对微观公司的影响具有不可忽视的重要性,尤其是农业相关的气候敏感型行业。近年来,严重旱灾在一些国家相继发生,给世界粮食供应和粮价稳定带来了严重冲击,并导致一些国家出现了粮食短缺。在这一背景下,我国能维持粮食供应总体稳定,这与党中央大力扶持农业发展、加快农业关键核心

技术攻关的方针密切相关。近年来我国农业生产机械化水平提升明显,但在畜牧、水产养殖、农产品加工等方面仍有较大提升空间^①。因此,为了应对气候风险和保障粮食供应,提升农业科技水平仍会是我国未来一段时间政策制定的重点。我们的研究发现也具有一定的推广意义。气候变化是一项全球性挑战,发展中国家在近年全球性旱灾中受损更甚。我们的研究表明,在严重气象灾害来临前,决策主体若能有效评估和捕捉气候风险,并将其纳入决策过程中,或许有助于应对气候灾害的发生。受限于数据条件,虽然我们找到了一些针对干旱的发明专利,但由于目前缺乏相关的技术和明确的标准,我们难以识别样本公司的专利是直接应对气候变化的狭义的“环境创新”还是调整公司战略的广义“环境创新”,更深入的研究有待后续获取更为准确的专利数据时开展。

参考文献

- 封志明,唐焰,杨艳昭,等. 2007. 中国地形起伏度及其与人口分布的相关性[J]. 地理学报, 62(10): 1073-1082.
- Feng Z M, Tang Y, Yang Y Z, et al. 2007. The relief degree of land surface in China and its correlation with population distribution[J]. *Acta Geographica Sinica*, 62(10): 1073-1082. (in Chinese)
- 邵帅,齐中英. 2008. 西部地区的能源开发与经济增长——基于“资源诅咒”假说的实证分析[J]. 经济研究, 43(4): 147-160.
- Shao S, Qi Z Y. 2008. Energy development and economic growth in Western China: An empirical analysis based on the resource curse hypothesis[J]. *Economic Research Journal*, 43(4): 147-160. (in Chinese)
- 石晓军,王鹗然. 2017. 独特公司治理机制对企业创新的影响——来自互联网公司双层股权制的全球证据[J]. 经济研究, 52(1): 149-164.
- Shi X J, Wang A R. 2017. Impact of the specialty of corporate governance on innovation: Global evidence from the dual-class structure of internet firms[J]. *Economic Research Journal*, 52(1): 149-164. (in Chinese)
- 徐现祥,李书娟. 2019. 官员偏爱籍贯地的机制研究——基于资源转移的视角[J]. 经济研究, 54(7): 111-126.
- Xu X X, Li S J. 2019. A study of the mechanism of leaders' regional favoritism, based on the resource reallocation perspective[J]. *Economic Research Journal*,

^① 根据农业农村部发布的《2021年全国农业机械化发展统计公报》,全国农作物耕种收综合机械化率达72.03%,但畜牧养殖、水产养殖、农产品初加工、设施农业等产业机械化率分别仅为38.50%、33.50%、41.64%、42.05%。

- 54(7): 111-126. (in Chinese)
- Abdelzaher D M, Martynov A, Abdel Zaher A M. 2020. Vulnerability to climate change: Are innovative countries in a better position? [J]. *Research in International Business and Finance*, 51: 101098.
- Addoum J M, Ng D T, Ortiz-Bobea A. 2023. Temperature shocks and industry earnings news[J]. *Journal of Financial Economics*, 150(1): 1-45.
- Alok S, Kumar N, Wermers R. 2020. Do fund managers misestimate climatic disaster risk[J]. *The Review of Financial Studies*, 33(3): 1146-1183.
- Auty R. 1993. Sustaining development in mineral economies[M]. London: Routledge.
- Baldauf M, Garlappi L, Yannelis C. 2020. Does climate change affect real estate prices? Only if you believe in it[J]. *The Review of Financial Studies*, 33(3): 1256-1295.
- Balsmeier B, Fleming L, Manso G. 2017. Independent boards and innovation [J]. *Journal of Financial Economics*, 123(3): 536-557.
- Bantel K A, Jackson S E. 1989. Top management and innovations in banking: Does the composition of the top team make a difference? [J]. *Strategic Management Journal*, 10(S1): 107-124.
- Blackhurst M, Hendrickson C, Vidal J S I. 2010. Direct and indirect water withdrawals for U.S. industrial sectors[J]. *Environmental Science & Technology*, 44(6): 2126-2130.
- Brown J R, Fazzari S M, Petersen B C. 2009. Financing innovation and growth: Cash flow, external equity, and the 1990s R&D boom [J]. *The Journal of Finance*, 64(1): 151-185.
- Burke M, Hsiang S M, Miguel E. 2015. Climate and conflict[J]. *Annual Review of Economics*, 7: 577-617.
- Chaney T, Sraer D, Thesmar D. 2012. The collateral channel: How real estate shocks affect corporate investment[J]. *American Economic Review*, 102(6): 2381-2409.
- Chen S, Chen X G, Xu J T. 2016. Impacts of climate change on agriculture: Evidence from China [J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 76: 105-124.
- Chen S, Gong B L. 2021. Response and adaptation of agriculture to climate change: Evidence from China[J]. *Journal of Development Economics*, 148: 102557.
- Chen X G, Yang L. 2019. Temperature and industrial output: Firm-level evidence from China[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 95: 257-274.
- Dai A G, Trenberth K E, Qian T T. 2004. A global dataset of palmer drought severity index for 1870—2002: Relationship with soil moisture and effects of surface warming [J]. *Journal of Hydrometeorology*, 5(6): 1117-1130.

- Dai A G. 2013. Increasing drought under global warming in observations and models[J]. *Nature Climate Change*, 3(1): 52-58.
- Delis M D, Greiff K, Iosifidi M, et al. 2024. Being stranded with fossil fuel reserves? Climate policy risk and the pricing of bank loans[J]. *Financial Markets, Institutions & Instruments*, 33: 239-265.
- Dell M, Jones B F, Olken B A. 2012. Temperature shocks and economic growth: Evidence from the last half century[J]. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 4(3): 66-95.
- Dell M, Jones B F, Olken B A. 2014. What do we learn from the weather? The new climate-economy literature[J]. *Journal of Economic Literature*, 52(3): 740-798.
- Deschênes O, Greenstone M. 2012. The economic impacts of climate change: Evidence from agricultural output and random fluctuations in weather: reply[J]. *American Economic Review*, 102(7): 3761-3773.
- Dessaint O, Matray A. 2017. Do managers overreact to salient risks? Evidence from hurricane strikes[J]. *Journal of Financial Economics*, 126(1): 97-121.
- Dietz S, Bowen A, Dixon C, et al. 2016. 'Climate value at risk' of global financial assets[J]. *Nature Climate Change*, 6(7): 676-679.
- Do V, Nguyen T H, Truong C, et al. 2021. Is drought risk priced in private debt contracts? [J]. *International Review of Finance*, 21(2): 724-737.
- Du D, Zhao X B, Huang R H. 2017. The impact of climate change on developed economies[J]. *Economics Letters*, 153: 43-46.
- Forsman H. 2013. Environmental innovations as a source of competitive advantage or vice versa? [J]. *Business Strategy and the Environment*, 22(5): 306-320.
- García D, Norli Ø. 2012. Geographic dispersion and stock returns [J]. *Journal of Financial Economics*, 106(3): 547-565.
- Ginglinger E, Moreau Q. 2023. Climate risk and capital structure [J]. *Management Science*, 69(12): 7492-7516.
- Hansen J, Lebedeff S. 1987. Global trends of measured surface air temperature [J]. *Journal of Geophysical Research*, 92(D11): 13345-13372.
- Helmerts C, Patnam M, Rau P R. 2017. Do board interlocks increase innovation? Evidence from a corporate governance reform in India [J]. *Journal of Banking & Finance*, 80: 51-70.
- Hirshleifer D, Hsu P H, Li D M. 2013. Innovative efficiency and stock returns [J]. *Journal of Financial Economics*, 107(3): 632-654.
- Hong H, Li F W, Xu J M. 2019. Climate risks and market efficiency [J]. *Journal of Econometrics*, 208(1): 265-281.

- Hsiang S M. 2010. Temperatures and cyclones strongly associated with economic production in the Caribbean and central America[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(35): 15367-15372.
- Hsu P H, Tian X, Xu Y. 2014. Financial development and innovation: Cross-country evidence[J]. *Journal of Financial Economics*, 112(1): 116-135.
- Huang H H, Kerstein J, Wang C. 2018. The impact of climate risk on firm performance and financing choices: An international comparison[J]. *Journal of International Business Studies*, 49(5): 633-656.
- Huang K X, Zhao H, Huang J K, et al. 2020. The impact of climate change on the labor allocation: Empirical evidence from China[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 104: 102376.
- Huynh T D, Nguyen T H, Truong C. 2020. Climate risk: The price of drought[J]. *Journal of Corporate Finance*, 65: 101750.
- Klepper S. 1996. Entry, exit, growth, and innovation over the product life cycle[J]. *The American Economic Review*, 86(3): 562-583.
- Korniotis G M, Kumar A. 2013. State-level business cycles and local return predictability[J]. *The Journal of Finance*, 68(3): 1037-1096.
- Krueger P, Sautner Z, Starks L T. 2020. The importance of climate risks for institutional investors[J]. *The Review of Financial Studies*, 33(3): 1067-1111.
- Lesk C, Rowhani P, Ramankutty N. 2016. Influence of extreme weather disasters on global crop production[J]. *Nature*, 529(7584): 84-87.
- Liesen A, Figge F, Hoepner A, et al. 2017. Climate change and asset prices: Are corporate carbon disclosure and performance priced appropriately? [J]. *Journal of Business Finance & Accounting*, 44(1/2): 35-62.
- Mamalakis A, Randerson J T, Yu JY, et al. 2021. Zonally contrasting shifts of the tropical rain belt in response to climate change[J]. *Nature Climate Change*, 11(2): 143-151.
- Mendelsohn R, Nordhaus W D, Shaw D. 1994. The impact of global warming on agriculture: A Ricardian analysis[J]. *The American Economic Review*, 84(4): 753-771.
- Murfin J, Spiegel M. 2020. Is the risk of sea level rise capitalized in residential real estate? [J]. *The Review of Financial Studies*, 33(3): 1217-1255.
- Nordhaus W. 2007. The challenge of global warming: Economic models and environmental policy[D]. New Haven: Yale University.
- Palmer W C. 1965. Meteorological drought[R]. Washington: US Weather Bureau.
- Papyrakis E, Gerlagh R. 2007. Resource abundance and economic growth in the United

- States[J]. *European Economic Review*, 51(4): 1011-1039.
- Pelzl P, Poelhekke S. 2021. Good mine, bad mine: Natural resource heterogeneity and Dutch disease in Indonesia[J]. *Journal of International Economics*, 131: 103457.
- Pirinsky C, Wang Q H. 2006. Does corporate headquarters location matter for stock returns? [J]. *The Journal of Finance*, 61(4): 1991-2015.
- Pollack H N, Huang S P, Shen P Y. 1998. Climate change record in subsurface temperatures: A global perspective[J]. *Science*, 282(5387): 279-281.
- Porter M E, van der Linde C. 1995. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship[J]. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4): 97-118.
- Sachs J D, Warner A M. 2001. Natural resources and economic development: The curse of natural resources[J]. *European Economic Review*, 45(4/6): 827-838.
- Schlenker W, Hanemann W M, Fisher A C. 2005. Will U. S. agriculture really benefit from global warming? Accounting for irrigation in the hedonic approach [J]. *American Economic Review*, 95(1): 395-406.
- Schlenker W, Hanemann W M, Fisher A C. 2006. The impact of global warming on U. S. agriculture: An econometric analysis of optimal growing conditions[J]. *Review of Economics and Statistics*, 88(1): 113-125.
- Tian X, Wang T Y. 2014. Tolerance for failure and corporate innovation[J]. *The Review of Financial Studies*, 27(1): 211-255.
- Zhang P, Deschenes O, Meng K, et al. 2018. Temperature effects on productivity and factor reallocation: Evidence from a half million chinese manufacturing plants[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 88: 1-17.
- Zhong R. 2018. Transparency and firm innovation [J]. *Journal of Accounting and Economics*, 66(1): 67-93.

Climate Change and Corporate Innovation: Evidence from China

Zhiyang Lin¹ Dongmin Kong² Shuying Ning³

(1. School of Economics and Management, Tongji University;

2. School of Economics, Huazhong University of Science and Technology;

3. School of Economics and Management, Hubei University of Technology)

Abstract This paper examines the impact of climate change on corporate innovation. We use the regional drought to construct the climate scenario, choose the climate sensitive firms as research samples, and find that climate change has a significant

impact on corporate innovation. The deterioration of regional drought will encourage firms to carry out innovative activities, which is called “environment-incentive effect”. This influence of the drought on firms’ innovations mainly comes from two factors: Firstly, the adverse impact of regional drought on firms’ operations has forced firms to engage in innovations. Secondly, the more forward-thinking management will be better able to capture the opportunities presented by climate change and improve corporate innovation. In addition, when the geographical dispersion of subsidiaries is low, the promoting effect of drought on innovations is more pronounced, which shows the regional feature of climate effect. This paper contributes to the study of corporate innovations from the perspective of climate change and emphasizes the importance of incorporating climate risk into policy assessment and firm decision-making process.

JEL Classification O31, O32, G30