



张卓群,姚鸣奇,郑艳. 气候适应型城市建设试点政策对城市韧性的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2024, 34(4): 1-12. [ZHANG Z Q, YAO M Q, ZHENG Y. Impact of the pilot policy for constructing climate resilient cities on urban resilience[J]. China population, resources and environment, 2024, 34(4): 1-12.]

# 气候适应型城市建设试点政策对城市韧性的影响

张卓群<sup>1,2,3</sup>, 姚鸣奇<sup>1,4</sup>, 郑艳<sup>1,2,4</sup>

(1. 中国社会科学院大学应用经济学院,北京 102488; 2. 中国社会科学院生态文明研究所,北京 100710;  
3. 中国社会科学院生态文明大数据实验室,北京 100710; 4. 中国社会科学院可持续发展研究中心,北京 100732)

**摘要** 建设气候适应型城市是增强城市韧性、提升城市宜居性和可持续发展水平的一项重要措施。基于此,该研究采用2010—2020年中国268个地级及以上城市的面板数据,以2017年气候适应型城市建设试点政策作为准自然实验,运用双重差分模型(DID)考察试点政策对城市韧性的影响,并通过异质性分析、机制分析和空间效应分析从不同视角开展量化评估。结果表明:①气候适应型城市建设试点政策能够有效促进城市韧性提升,这一结论在进行缩尾回归、倾向得分匹配、时间安慰剂、个体安慰剂等一系列稳健性检验之后依然成立。②经济发展异质性和水资源异质性的分析结果显示,气候适应型城市建设试点政策在经济发达地区和水资源禀赋中等地区的效果更为显著。③人力资本培养、韧性基建投入是气候适应型城市建设试点政策促进城市韧性提升的重要渠道。④周边地理邻近城市获批气候适应型城市建设试点对本城市韧性具有促进提升作用,存在正向空间溢出。因此,要进一步深化气候适应型城市试点建设工作,强化制度支撑,总结试点经验,适时开展第二批试点;因地制宜,采取差异化措施推进气候适应型城市建设;多管齐下,进一步强化人力资本、绿色创新、气候韧性基础设施的桥梁纽带作用;放大试点城市政策效应,构建气候适应政策的区域协调发展机制,不断促进气候适应型城市建设迈向高质量发展。

**关键词** 气候适应型城市;城市韧性;试点政策;双重差分模型

中图分类号 F293 文献标志码 A 文章编号 1002-2104(2024)04-0001-12 DOI:10.12062/cpre.20230604

气候变化是21世纪全球面临的最严重挑战之一。城市作为人口的主要集聚区,在全球气候变化的大背景下,雾霾、高温热浪、城市内涝等新型和复合型城市灾害加剧,许多城市生命线(包括水、电、气、热、交通等)屡遭威胁,城市的风险治理能力备受挑战,气候变化引发的城市安全问题日益突出<sup>[1]</sup>。联合国《2030年可持续发展议程》将“建设包容、安全、有韧性的可持续城市和人类住区”列入重要目标之一,如何建立适应气候变化的韧性城市,已经成为各国政府关注的重点议题之一。作为负责任、有担当的大国,自党的十八大以来,中国已经相继采取了一系列气候变化适应行动,出台了多种适应气候变化的政策措施,其中特别提出建设气候适应型城市。2017年,国家发展改革委和住房城乡建设部考虑各地实际情况,经专家论证,在全国28个地区开展气候适应型城市建设试点。此项试点政策旨在将气候变化作为重要因素纳入城市建设的考量之中,积极探索符合各地实际的

城市适应气候变化建设管理模式,通过提升城市韧性实现可持续发展。作为国家大力倡导气候适应型城市建设试点,其政策实施效果备受关注。因此,采用双重差分法就气候适应型城市建设试点政策对城市韧性影响开展实证研究,并通过异质性分析、机制分析和空间效应分析从不同视角开展科学、系统的量化评估,以期为国家全面推进城市适应气候变化工作提供研究支撑。

## 1 文献综述

第三次工业革命以来,全球城镇化速度显著加快,城市集聚效应显著,成为经济增长的主要载体。与此同时,近年来频发的地质灾害、特大暴雨、持续高温、雾霾天气等自然灾害的急性冲击,使得城市安全发展受到众多不确定因素的扰动<sup>[2]</sup>,城市应对气候变化的紧迫性急剧上升。由此,2010年3月,联合国减灾战略署发起“让城市更具韧性”运动,鼓励地方政府在可持续城市化进程中建

收稿日期:2023-03-14 修回日期:2023-08-25

作者简介:张卓群,博士,副研究员,主要研究方向为可持续发展经济学、数量经济与大数据科学等。E-mail:casszq@163.com。

通信作者:姚鸣奇,博士生,主要研究方向为可持续发展经济学。E-mail:ymqucass@163.com。

基金项目:国家社会科学基金后期资助项目“半参数Copula模型及其在经济领域非线性相关问题中的研究”(批准号:21FJYB026);国家社会科学基金项目“气候适应型城市多目标协同治理模式与路径研究”(批准号:18BJY060);中国社会科学院创新工程项目“生态文明范式下的经济学理论与政策研究”(批准号:2022STSA02)。

设韧性城市,为全球防灾减灾筛选范本<sup>[3]</sup>;2013年,洛克菲勒基金会创立“全球100个韧性城市”项目,旨在支持全球城市制定韧性规划、应对各种自然灾害和社会经济挑战<sup>[4]</sup>;欧盟委员会出台《欧盟适应气候变化战略》,在第3项行动上特别侧重城市问题,并与《欧盟气候与能源市长盟约计划》、欧洲环境署Climate-ADAPT平台相配合,致力于应对城市面临的气候变化问题<sup>[5]</sup>。

由此可见,建设气候适应型城市与增强城市韧性之间存在密不可分的关系。韧性并不是一个新兴的概念,从19世纪中叶开始,源于物理学的韧性(resilience)概念经历了工程韧性、生态韧性、演化韧性3个阶段的演变<sup>[6]</sup>。工程韧性是一种单一的均衡状态,指的是在受到外力破坏作用之后,系统内的结构没有发生根本性变化<sup>[7-8]</sup>;Berkes等<sup>[9]</sup>和Folke<sup>[10]</sup>在工程韧性的基础上,认为系统可以存在多个平衡状态,强调人类社会任何可持续性尝试都要体现与生物圈的协同管理、社会系统与生态系统的有机结合,衍生出了生态韧性概念;Walker等<sup>[11]</sup>则进一步在生态韧性的基础上提出演化韧性,强调韧性是复杂的社会生态系统为应对冲击形成的一种变化、适应和改变能力,不能被仅仅视为是对系统初始状态的恢复。而随着韧性理论不断丰富,学者们将韧性理论逐步引入到了城市系统之中。不同学者对于城市韧性的解读也存在诸多分歧,例如有的学者认为城市韧性指的是城市系统和区域通过合理准备、缓冲和应对不确定性扰动,实现公共安全、社会秩序和经济建设等正常运行的能力<sup>[12]</sup>;有的学者提出城市韧性是由城市经济、社会、制度、生态、基础设施等人文、环境系统组成的高度复杂耦合系统,在应对各种自然和人为灾害等干扰时所展现出的城市系统当前和未来时期的适应、恢复和学习能力<sup>[13]</sup>。由此可见,不同学者以不同的理论和系统开展城市韧性研究,致使现有的城市韧性无统一的评价指标体系。从时间层面来看,可分为反映城市应对灾害时体现出的过程韧性,以及反映灾害前的间隔时间段或单一时点下韧性能力储备的状态韧性<sup>[14-16]</sup>。从评估尺度来看,可分为反映城市系统整体韧性的综合韧性<sup>[17-18]</sup>,以及侧重各个子系统部门(经济、生态、社会、基础设施等)的专项韧性<sup>[19-22]</sup>。

自中国开展气候适应型城市建设试点以来,该项试点政策的效果如何,对城市韧性具有怎样的作用,引起了相关领域学者和政策制定者的广泛关注。从试点政策的目的来看,建设气候适应型城市着眼于减少气候变化引发的灾害风险,保障人民生命财产安全,增强城市防灾预警能力,提升城市宜居性和可持续发展水平<sup>[23]</sup>;同时具有鼓励气候投融资创新、促进绿色产业、气候经济发展的作用<sup>[24]</sup>。从试点政策的执行情况来看,有的学者认为,气候

适应型城市建设试点取得积极进展,但仍存在对适应气候变化的认识不足、基础能力不强、工作制度和配套保障不完善、跨部门协作机制不健全等共性问题<sup>[25]</sup>;有的学者指出,28个试点地区的试点方案还处于初级阶段,在风险评估方法的科学性,适应行动的多样性、长期性、可测量性,治理手段的多样性等方面还存在较大改进空间<sup>[26]</sup>。从试点政策的下一步推进策略来看,以“人民城市”理念为引领,满足人民对美好生活的向往,构成推进气候适应型城市建设的重要抓手<sup>[27]</sup>;做好城市韧性发展的顶层设计、构建区域韧性城市示范交流区、降低公共基础设施的暴露度、与智慧城市建设形成互补互促也发挥着重要作用<sup>[28]</sup>。

在以上研究的基础上,采用双重差分模型作为主要分析工具,将气候适应型城市建设试点视为一项准自然实验,定量研究试点政策的实施效果。基于此,运用DID模型从定量角度开展政策评估,期望在定性分析的基础上提供政策实施效果评估的量化依据;同时,讨论不同经济发展程度和水资源禀赋城市的异质性,人力资本培养、绿色技术创新、韧性基建投入的中介机制,以及基于地理距离和经济距离的空间效应,从不同视角探索气候适应型城市建设试点对城市韧性的作用路径。

## 2 政策背景与理论机制

### 2.1 政策演进

中国支持建设气候适应型城市的政策演进过程,如图1所示。2013年出台的《国家适应气候变化战略》,在基础建设重点任务中,强调在城市基建中将气候变化因素纳入考量,蕴含了建设气候适应型城市的基本思路。2016年2月,《城市适应气候变化行动方案》发布,是中国第一个以城市为主要对象的适应气候变化统筹协调措施,提出通过开展七大行动,促进城市适应气候变化能力全面提升,同时也提出建设30个适应气候变化试点城市的目标。2016年8月,《气候适应型城市建设试点工作方案》发布,标志着组织推荐、考察论证试点城市的工作正式启动。2017年2月,国家发展改革委和住房城乡建设部《关于印发气候适应型城市建设试点工作的通知》发布,最终确定将内蒙古自治区呼和浩特市等28个地区作为气候适应型城市建设试点,标志着中国气候适应型城市建设试点正式进入开展实施阶段。2021年3月,《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》首次将建设韧性城市纳入顶层设计。2022年5月,《国家适应气候变化战略2035》出台,城市与人居环境作为强化经济社会系统适应气候变化能力的重要组成部分被单独列出,城市适应气候变化专项行

动被列为专栏得到了保障和加强。2022年10月,党的二十大报告中进一步强调,打造宜居、韧性、智慧城市。

## 2.2 影响机制分析

气候适应型城市主要针对气候变化引发的多种短期和长期灾害风险,是建设韧性城市的具体途径<sup>[3]</sup>。尽管目前学术界研究认为气候适应型城市建设试点还有较大的完善空间,但多数学者认为气候适应型城市建设能够对城市韧性起到正向的增强作用<sup>[25-30]</sup>。《关于印发气候适应型城市建设试点工作的通知》中明确提出,开展气候适应型城市建设试点的工作目标,就是到2020年试点地区适应气候变化基础设施得到加强,适应能力显著提高,公众意识显著增强,这与增强城市韧性的内涵相契合。此外,中国幅员辽阔,不同地区的经济发展水平和自然资源禀赋存在巨大差异。一方面,建设气候适应型城市需要财政资金支持<sup>[24]</sup>,地区经济状况的不同有可能对试点政策执行效果产生影响;另一方面,鉴于气象灾害多与暴雨、洪水、干旱有关,水资源禀赋不同的城市也有可能出现政策执行效果的异同。因此,提出如下待检验假说。

H1:气候适应型城市建设试点能够显著提升城市韧性。

H1a:对不同经济发展水平的城市,气候适应型城市建设试点对城市韧性的影响具有异质效果。

H1b:对不同水资源禀赋的城市,气候适应型城市建设试点对城市韧性的影响具有异质效果。

气候适应型城市建设试点对城市韧性的影响是通过

何种具体机制发挥作用?《城市适应气候变化行动方案》强调,要“加强运行协调和应急指挥系统建设”和“专业救援队伍建设”提升城市应急保障服务能力;通过“加强适应基础理论研究”和“开发推广关键性适应技术”等具体举措,夯实城市适应气候变化科技支撑能力;要“提高城市基础设施设计和建设标准”,推动适应气候变化的城市公用基础设施建设。由此可见,气候适应型城市建设试点对城市韧性的影响可以归纳以下几种渠道:①人力资本培养。气候适应型城市建设对原有的城市建设的思路提出了新的要求,需要培养气候适应管理人才、设立相关的就业岗位。②绿色技术创新。气候适应型城市建设新适应技术的开发与应用、关键基础设施与重大工程适应技术创新,能够逐步构建分领域分产业分区域的适应气候变化技术体系,进而提高监测预警、防范化解风险能力。③韧性基建投入。提高城市韧性的主要目的是提高应对风险程度的阈值,气候适应型城市建设需要政府强力、合理的基建投入作为动力来源(图2)。因此,提出如下待检验假说。

H2a:气候适应型城市建设试点通过增强人力资本培养提升城市韧性。

H2b:气候适应型城市建设试点通过促进绿色技术创新提升城市韧性。

H2c:气候适应型城市建设试点通过增加韧性基建投入提升城市韧性。

气候适应型城市建设试点对城市韧性的影响是否具有空间效应?既有研究表明,与气候适应型城市建设试

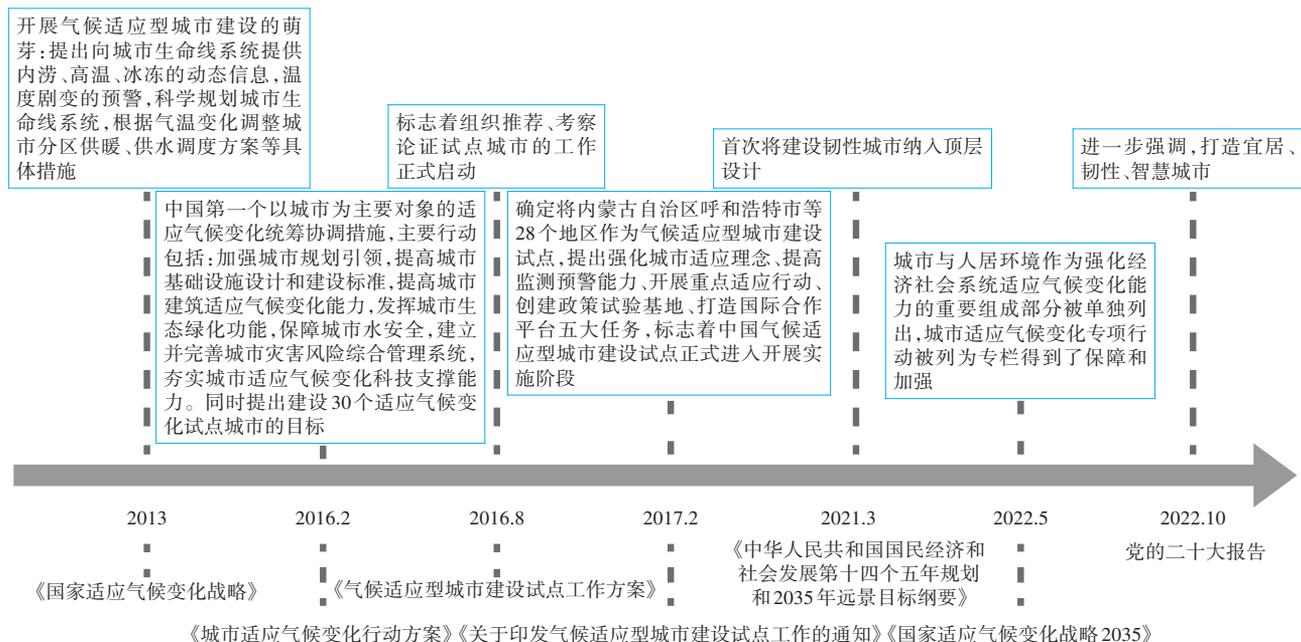


图1 建设气候适应型城市的政策演进过程

点政策相类似的其他城市试点政策具有空间效应。例如,低碳城市试点政策对城市可再生能源技术创新具有显著的空间溢出效应<sup>[31]</sup>,智慧城市试点政策对城市发展质量存在正向空间溢出效应<sup>[32]</sup>等。这种城市之间地理距离相邻或经济距离相邻的模仿与竞合有可能存在于气候适应型城市建设试点政策之中。因此,提出如下待检验假说。

H3:气候适应型城市建设试点对城市韧性的影响存在空间效应。

### 3 研究设计

#### 3.1 模型设定

近年来,双重差分(Difference-in-differences, DID)方法在宏观经济政策、城市发展、环境政策评估等领域得到较多应用<sup>[33-35]</sup>。作为一种群体因果效应估计方法,其基本原理是将政策视为一种“准自然实验”,通过区分试点政策组与非试点对照组,发掘政策干预行为对特定群组的影响。DID模型的优势在于可以较好地利用政策外生性,解决内生性偏差并避免逆向因果问题,其固定效应估计能够减小遗漏变量产生的偏误<sup>[36]</sup>。气候适应型城市建设试点采取的是地方各省级行政单位自主推荐申报、国家相关部门组织专家论证的方式进行确认,因此能够保证随机性,可以被视为是准自然实验,符合DID模型的建模条件。因此运用DID模型识别该建设试点影响城市韧性的政策净效应,基准模型设定如下:

$$gri_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 policy_{i,t} + \alpha_2 X_{i,t} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中: $i,t$ 分别表示城市和年份, $gri_{i,t}$ 表示城市韧性指数; $policy_{i,t}$ 为核心解释变量——气候适应型城市建设试点政策,取值为1时表示*i*城市在*t*年当年以及之后列入气候适应型城市建设试点,其余情况取0; $\alpha_0$ 为常数项, $\alpha_1$ 表示气候适应型城市建设试点对城市韧性的影响; $X_{i,t}$ 为一系列控制变量, $\alpha_2$ 为控制变量的系数向量; $\mu_i$ 为城市个体固定效应, $\eta_t$ 为时间固定效应, $\varepsilon_{i,t}$ 为随机扰动项。

依据理论机制分析,气候适应型城市建设试点通过

人力资本培养、绿色技术创新和韧性基建投入3种渠道影响城市韧性。为此,参考温忠麟等<sup>[37]</sup>的研究,构建如下中介效应模型:

$$med_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 policy_{i,t} + \beta_2 X_{i,t} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$gri_{i,t} = \gamma_0 + \gamma_1 policy_{i,t} + \gamma_2 med_{i,t} + \gamma_3 X_{i,t} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

其中: $med_{i,t}$ 为中介变量, $\beta_1$ 表示气候适应型城市建设试点对中介变量的影响; $\gamma_2$ 表示控制了气候适应型城市建设试点影响之后,中介变量对城市韧性的效应; $\gamma_1$ 表示控制了中介变量影响之后,气候适应型城市建设试点对城市韧性的效应, $\beta_0$ 和 $\gamma_0$ 为常数项, $\beta_2$ 和 $\gamma_3$ 为控制变量的系数向量。

最后,为了考察气候适应型城市建设试点对城市韧性影响可能存在的空间效应,在DID模型的基础上,引入空间回归项,建立空间双重差分模型。相比双重差分模型,空间双重差分模型能够充分控制变量之间可能存在的空间相关性,即控制对某个个体处理作用随其他个体处理与否而改变的部分,以及潜在的具有空间影响的遗漏变量<sup>[31]</sup>。空间双重差分模型按照空间效应的异同,又可以分为空间自回归模型(Spatial Autoregression, SAR)、空间误差模型(Spatial Error Model, SEM)和空间杜宾模型(Spatial Durbin Model, SDM),SDM模型可以看作SAR模型和SEM模型的一般形式<sup>[38]</sup>,具体设定如下。

SAR模型:

$$gri_{i,t} = \rho \sum_{j=1}^n w_{ij} gri_{j,t} + \delta_1 policy_{i,t} + \delta_2 X_{i,t} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

SEM模型:

$$gri_{i,t} = \delta_1 policy_{i,t} + \delta_2 X_{i,t} + \mu_i + \eta_t + u_{i,t}$$

$$u_{i,t} = \lambda \sum_{j=1}^n w_{ij} u_{j,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

SDM模型:

$$gri_{i,t} = \rho \sum_{j=1}^n w_{ij} gri_{j,t} + \delta_1 policy_{i,t} + \theta \sum_{j=1}^n w_{ij} policy_{j,t} + \delta_2 X_{i,t} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

其中: $\rho$ 为空间滞后系数,表示周边城市韧性变化对本

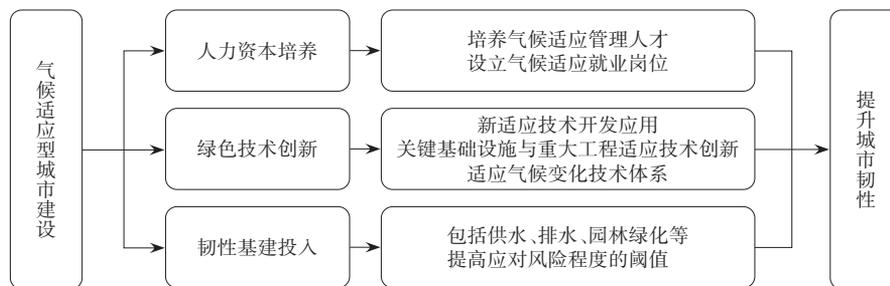


图2 气候适应型城市提高城市韧性的路径机制



城市韧性的影响, $\lambda$ 为空间误差系数,表示未观测因素对本城市韧性的空间效应; $\theta$ 为政策变量空间滞后系数,表示周边城市获批气候适应型城市建设试点对本城市韧性的影响。 $w_{ij}$ 表示空间权重矩阵,在此采用地理距离权重矩阵(城市间地理距离平方的倒数)和经济距离权重矩阵(城市间人均GDP之差绝对值的倒数)开展空间效应研究。 $\delta_1$ 表示试点政策对城市韧性的直接影响系数; $\delta_2$ 表示控制变量的系数向量; $u_{i,t}$ 表示含有空间效应的随机扰动项。

### 3.2 变量选取

#### 3.2.1 被解释变量:城市韧性指数 *gri*

现有的城市韧性评价体系并无统一标准,但一般从城市韧性的结构和特征出发开展研究。前者多使用经济、生态、社会、基础设施(工程)等子系统作为框架,进而选取各个子系统下的代理变量<sup>[17,39-40]</sup>;而后者多使用“抵抗力、适应力、恢复力”作为框架<sup>[41]</sup>,但由于这3种具体的韧性力在不同指标中皆有体现,使该框架在选取代理变量时容易产生混乱<sup>[42]</sup>。故采用经济、生态、社会、基础设施4个子系统作为指标框架。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)发布的第六次评估报告,倡议适应和减缓协同推进的“气候韧性发展”理念<sup>[43]</sup>,使用4个子系统综合指标体系衡量城市韧性也便于从更广阔的视角评价适应和减缓协同推进的政策效果。在此框架下选取适当的代理变量,指标的具体选取及描述见表1。

由于选取不同城市的多年度面板数据作为研究对象,存在量纲不一问题,因此采用熵权法<sup>[44-45]</sup>合成各年度各城市韧性指数。

#### 3.2.2 核心解释变量:气候适应型城市建设试点 *policy*

核心解释变量为气候适应型城市建设试点,反映城市是否被纳入《关于印发气候适应型城市建设试点工作的通知》所确定的试点名单中,为0~1虚拟变量。若某城市为试点城市,则在2017年当年以及之后各年份虚拟变量  $policy_{i,t}=1$ , 否则  $policy_{i,t}=0$ 。

#### 3.2.3 中介变量

根据气候适应型城市建设试点对城市韧性的影响渠道分析,主要包括人力资本培养、绿色技术创新和韧性基建投入,因此分别选取水利、环境和公共设施管理业从业人员数占年平均从业人员比( $m1$ )、人均绿色专利申请量( $m2$ )和人均韧性基础设施投资额( $m3$ )作为代理变量开展机制研究。韧性相关的基建投入包括供水、排水、园林绿化、燃气建设、道路桥梁、市容卫生环境的基础设施投资额,考虑到南方大多数城市没有供暖基础、非大中型城市缺失轨道交通基础设施投资数据,故排除上述两项基础设施投资。

表1 城市韧性指标体系

指标框架	代理变量	描述
生态韧性	建成区绿地率	衡量绿化程度(+)
	一般工业固体废物综合利用率	衡量固体污染处理能力(+)
	人均污水处理能力	衡量水体污染处理能力(+)
	人均工业烟粉尘排放量	衡量气体污染排放量(-)
经济韧性	人均GDP	衡量经济水平(+)
	存贷款余额与GDP比例	衡量金融规模(+)
	劳均资本存量	衡量资本存量(+)
社会韧性	土地城镇化率	衡量城市化水平(+)
	公共服务指数	衡量公共服务水平(+)
基础设施韧性	排水管网密度	衡量雨洪应对能力(+)
	人均公路里程	衡量交通运输能力(+)
	国际互联网占比	衡量通信能力(+)
	人均供气量	衡量供气能力(+)
	人均供水量	衡量供水能力(+)
	人均用电量	衡量供电能力(+)

注:表中(+)和(-)分别表示正向指标和负向指标。

#### 3.2.4 控制变量

为了考察气候适应型城市建设试点对城市韧性的净影响,还需控制可能影响城市韧性的其他经济社会变量。在此采用人口密度(*ppd*)、外资强度(*fdir*)、政府干预程度(*fer*)和第二产业占比(*spr*)作为控制变量纳入研究中。人口密度,为上一年年末总人口与当年年末总人口的均值与行政区域土地面积的比值;外资强度,为城市实际使用外资与地区生产总值的比值;政府干预程度,为城市财政支出(剔除科教支出)与地区生产总值的比值;第二产业占比为第二产业生产总值与地区生产总值的比值。

#### 3.2.5 数据来源与处理方法

使用2010—2020年中国268个地级及以上城市的面板数据为研究样本,数据来源为历年《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》和《中国城乡建设统计年鉴》。考虑数据的可获得性,研究样本未涉及香港、澳门和台湾;剔除了数据缺失严重或者更改过名称的城市,包括三沙市、儋州市、梅州市、汕头市、临沧市、普洱市、毕节市、铜仁市、资阳市、襄阳市、运城市、四平市、海东市、嘉峪关市、平凉市、金昌市、陇南市、中卫市、固原市、乌兰察布市、克拉玛依市、吐鲁番市、哈密市、山南市、拉萨市、日喀则市、昌都市、林芝市、那曲市。

对数据进行了如下处理:①部分缺失数据参考统计公报补齐,其他缺失数据使用移动平均插值法补齐。②含有“人均”的变量皆为原变量与上年末总人口和本年末总人口均值的比值。③部分变量根据整体的描述性统计结果

修改了单位。④劳均资本存量为永续盘存法得到的资本存量与年末单位从业人员的比值。⑤公共服务指数从教育、医疗、社保出发,采用教育各阶段师生比,医生、床位每万人拥有数量,养老、医疗和失业保险参保人数与年平均人口之比使用加权平均后标准化0~100分的方式综合计算得出<sup>[46]</sup>。数据的描述性统计见表2。

## 4 实证结果与分析

### 4.1 基准回归

运用DID模型考察气候适应型城市建设试点对城市韧性的影响,基准回归结果见表3。由结果可知,无论是否添加控制变量,是否控制时间和个体效应,气候适应型城市建设试点均能够显著提升城市韧性。在加入所有控制变量,并且控制了时间和个体效应之后,试点政策为城市韧性带来0.632贡献值,验证了假说H1。自气候适应型城市建设试点政策实施以来,虽然其较海绵城市试点政策在执行标准、资金保障等方面存在政策支持力度不足的问题<sup>[3]</sup>,但试点城市确实依托该政策开展了系列行之有效的工作,促进城市韧性得到有效提升。

### 4.2 平行趋势检验

为了确保基准回归结果真实可靠,需要对模型进行平行趋势检验,即观察在没有气候适应型城市试点政策之前,处理组与对照组的变化趋势是否有显著区别,图3展示了平行趋势检验结果。在政策执行前,试点组与对照组在10%的水平上无显著区别,政策执行后第二年产生了显著差异,满足平行趋势假设。

### 4.3 稳健性检验

#### 4.3.1 缩尾回归

为排除被解释变量城市韧性指数中的极端值对回归结果的影响,采用缩尾回归进行处理。表4结果显示,在缩尾为1%~99%和5%~95%的情况下,气候适应型城市建设试点均能够显著提升城市韧性,且政策影响系数与基准回归相比变化不大,故通过缩尾检验。

#### 4.3.2 PSM-DID 检验

为解决DID模型可能存在的样本选择偏差,将基准回归中系数显著的3个控制变量作为协变量,对处理组城市和对照组城市采用logit模型进行近邻倾向得分匹配(Propensity Score Matching, PSM)。在进行平衡性检验后,删除不满足共同区域假定的观测值,并对匹配后的样本运用基准回归模型再次估计。表4结果显示,在消除可能样本选择偏差后,*policy*的系数依然在10%的水平下显著为正。

#### 4.3.3 其他政策干扰检验

在开展研究的时间段内,国家同时推行了一些其他对城市韧性可能产生影响的试点政策,为了研究气候适应型城市建设试点政策的净效应,在此将低碳城市试点、智慧城市试点纳入考量,采用多期DID模型开展其他政策干扰检验。低碳城市试点方面,借鉴宋弘等<sup>[47]</sup>和郑汉等<sup>[48]</sup>的做法,将2010年第一批低碳试点省份的所有城市均视为试点城市;第二批低碳城市试点通知的印发时间接近2012年末,政策带来的冲击很难以当年产生效应,故将第二批低碳城市试点视为从2013年开始受到政策冲击;第三批低碳城市试点从2017年开始受到政策冲击。智慧城市试点方面,按照2013年(第一、二批试点)和2015年(第三批试点)确定政策冲击时间。表4结果显示,在考虑低碳城市试点、智慧城市试点对城市韧性的影响之后,气候适应型城市建设试点对城市韧性的影响仍然显著,且回归系数与基准回归相差不大。一个可能的原因是气候适应型城市建设试点政策的针对性较强,主要从气候适应的角度增强城市韧性,而低碳城市试点和智慧城市试点政策的着力点更为宏观,与气候适应型城市建设试点的交互性不强。

#### 4.3.4 时间安慰剂检验

为防止其他未注意到的政策对结果产生影响,将气候适应型城市建设试点的实施时间分别提前2、4、6期,设定“虚假”试点政策进行时间安慰剂检验。表4结果显示,

表2 变量的描述性统计

变量	变量符号	变量名称及单位	样本数	平均数	标准差	最小值	最大值
被解释变量	<i>gri</i>	城市韧性指数	2 948	11.099	7.550	2.692	77.889
核心解释变量	<i>policy</i>	政策变量	2 948	0.028	0.166	0	1
	<i>m1</i>	水利、环境和公共设施管理业从业人员数占年平均从业人员比	2 948	5.135	8.173	0.100	138.571
中介变量	<i>m2</i>	人均绿色专利申请量/(项/万人)	2 948	1.570	3.563	0.005	51.106
	<i>m3</i>	人均韧性基础设施投资额/(10 <sup>2</sup> 元/人)	2 948	8.206	11.889	0.041	130.154
控制变量	<i>ppd</i>	人口密度/(10 <sup>2</sup> 人/km <sup>2</sup> )	2 948	4.448	3.256	0.051	32.399
	<i>fdir</i>	外资占比/%	2 948	1.734	1.774	0	19.880
	<i>fer</i>	财政支出与GDP比例/%	2 948	15.751	8.030	3.491	63.830
	<i>spr</i>	第二产业占比/%	2 948	46.339	10.963	3.100	82.200



提前2、4、6期后的“虚假”试点政策对城市韧性的影响均不显著,故通过时间安慰剂检验。

#### 4.3.5 个体安慰剂检验

为避免其他不可观测的、无法控制、随着时间变化而变化的个体特征对估计结果产生影响,在此进行个体安慰剂检验。借鉴Chetty等<sup>[49]</sup>的做法,假设随机产生试点城市,对policy进行赋值开展DID分析,重复1000次基准回归。图4结果显示,基于随机样本估计得到的试点政策系数集中分布在0附近,绝大部分落在0.632的左侧,故通过个体安慰剂检验。

表3 气候适应型城市建设试点对城市韧性影响的基准回归结果

变量	模型1	模型2	模型3	模型4
policy	3.123*** (0.439)	1.097*** (0.406)	0.624** (0.299)	0.632** (0.293)
ppd		0.461*** (0.085)	-0.108 (0.072)	-0.727** (0.089)
fdir		-0.128** (0.054)	-0.036 (0.039)	-0.081** (0.039)
fer		-0.021 (0.014)	-0.039*** (0.010)	-0.029*** (0.010)
spr		-0.209*** (0.009)	0.001 (0.010)	0.010 (0.010)
常数项	11.010*** (0.422)	19.280*** (0.801)	10.670*** (0.731)	12.840*** (0.654)
时间固定	否	否	是	是
个体固定	否	否	否	是
样本数	2948	2948	2948	2948
R <sup>2</sup>	0.019	0.208	0.597	0.604

注:\*\* $P < 0.05$ ,\*\*\* $P < 0.01$ ;括号内数值为标准误。模型1—模型4分别表示仅有核心变量回归、加入控制变量回归、考虑时间固定效应回归和进一步考虑双固定效应回归。

#### 4.4 异质性分析

##### 4.4.1 经济发展异质性

在此将268个地级及以上城市按2010—2020年人均GDP的平均值三等分划分为低、中、高3种类型。表5结

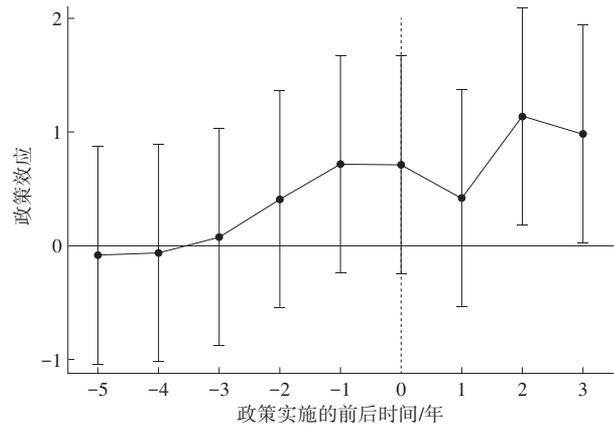


图3 气候适应型城市建设试点对城市韧性影响的平行趋势检验结果

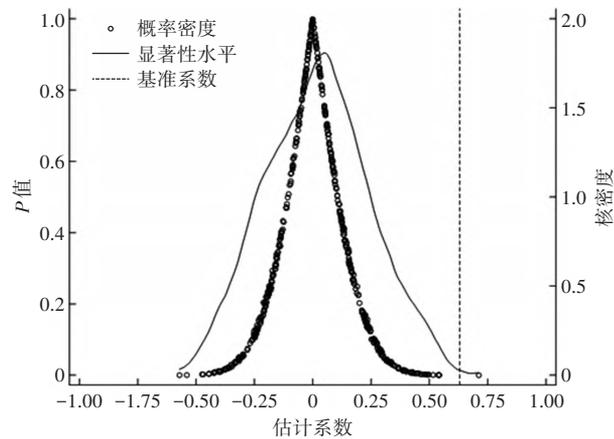


图4 气候适应型城市建设试点对城市韧性影响的个体安慰剂检验结果

表4 气候适应型城市建设试点对城市韧性影响的稳健性检验结果

变量	缩尾检验		PSM-DID 检验	其他政策干扰检验		时间安慰剂检验		
	1%~99%	5%~95%		低碳城市	智慧城市	提前2期	提前4期	提前6期
policy	0.594** (0.242)	0.583*** (0.191)	0.552* (0.191)	0.526* (0.292)	0.634** (0.293)	0.606 (0.426)	0.502 (0.386)	0.274 (0.325)
常数项	10.603*** (0.540)	11.260*** (0.426)	12.822*** (0.894)	12.508*** (0.653)	12.842*** (0.654)	12.842*** (1.388)	12.830*** (1.395)	12.857*** (1.403)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是	是	是	是	是
样本数	2948	2948	2429	2948	2948	2948	2948	2948
R <sup>2</sup>	0.682	0.735	0.595	0.608	0.604	0.604	0.604	0.603

注:\* $P < 0.10$ ,\*\* $P < 0.05$ ,\*\*\* $P < 0.01$ ;括号内数值为标准误。

果显示,人均GDP较高的试点城市,气候适应型城市建设试点对城市韧性具有显著的正向影响,且政策效果高于全样本基准回归水平;人均GDP中等和较低的试点城市,政策效果不显著,验证了假说H1a。气候适应型城市建设试点现阶段缺乏专项资金配套,现行政策鼓励地方政府发挥能动性,选择有一定工作基础的典型领域,自行筹措试点项目资金<sup>[3]</sup>,因此特别依靠地方经济发展水平。人均GDP较高的城市一般基础设施较为完善、公共服务水平较高、财政资金较为充裕,能够较好地落实气候适应型城市建设试点政策,城市韧性可以得到显著提升。人均GDP较低的城市难以调动充足的资金投入气候适应型城市建设所需的基础设施、人才培养等方面之中,“有政策、无资金”的困境制约经济欠发达地区气候适应型城市建设试点实施效果。

#### 4.4.2 水资源异质性

水资源异质性可从降水量、水资源存量两个角度进行讨论。由于降水量数据具有较大的波动性,因此按照2006—2019年各城市平均降水量分组;水资源存量2015年之前存在数据缺失,故按2016—2019年人均水资源存量的均值分组。表5结果显示,在降水量和水资源存量的异质性回归中,在水资源禀赋较低、较高的分组中气候适应型城市建设试点对城市韧性均没有显著性影响,水资源适中的城市试点政策效果明显,城市韧性显著增强,验证了假说H1b。一方面,水资源禀赋较低的城市基本处于常年缺水状态,水资源瓶颈制约了经济社会发展,例如在我国西北地区的一些严重缺水型的试点城市,水资源出现枯竭,生态环境脆弱,单纯通过气候适应型城市建设试点政策难以提升城市韧性。另一方面,水资源禀赋较高的城市虽然不会有需水用水的问题,但过量的降水和原始存量导致此类城市更易突破应对洪涝灾害的阈值、

超出城市的韧性范围,出现“城市看海”现象。水资源禀赋适中的城市更容易平衡城市发展和水资源安全的两难冲突,气候适应型城市建设试点政策提升城市韧性的效果得以充分释放。

## 5 进一步讨论

### 5.1 机制分析

气候适应型城市建设试点政策通过哪些机制作用于城市韧性?通过构建中介效应模型,机制分析结果见表6。

人力资本培养方面,气候适应型城市建设试点促进了人力资本培养,人力资本提升进一步增强了城市韧性。在控制人力资本培养对城市韧性的作用之后,试点政策的回归系数为0.571,低于基准回归系数0.632,气候适应型城市建设试点对城市韧性的提升部分通过人力资本培养渠道发挥作用。验证了假说H2a。由此可见,在建设气候适应型城市的过程中,人才培养应居于重要地位,特别是相关专业人力资本的积累,能够为建设韧性城市提供绿色产业所需的专业人力资源,更好地推动气候适应相关政策落地,进而有效增强城市韧性。

绿色技术创新方面,气候适应型城市建设试点对绿色技术创新没有显著影响,即使科技水平提升对城市韧性增强具有显著促进作用,绿色技术创新并没有在试点政策和城市韧性之间发挥中介作用,没有验证假设H2b。一个可能的原因是,试点城市多为一般地级城市,少数为具有区域科技中心地位的省会城市和副省级城市,多数试点城市存在绿色技术创新能力欠缺问题,而绿色技术创新通常具有长周期特性,因此在试点政策施行的短时间之内难以发挥其作为中介渠道的影响效能。

韧性基建投入方面,气候适应型城市建设试点促进了韧性基建投入,基建投入的增加促进了城市韧性的提

表5 气候适应型城市建设试点对城市韧性影响的异质性分析结果

变量	人均GDP分组			降水量			水资源存量		
	低	中	高	低	中	高	低	中	高
<i>policy</i>	0.114 (0.224)	0.645 (0.402)	1.353* (0.705)	0.623 (0.467)	0.910*** (0.305)	-0.025 (0.714)	0.322 (0.464)	2.179*** (0.727)	-0.229 (0.266)
常数项	7.414*** (0.577)	13.082*** (1.957)	17.279*** (1.421)	14.846*** (1.417)	4.684*** (1.004)	14.932*** (1.757)	14.712*** (1.751)	15.022*** (1.354)	6.295*** (1.171)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是	是	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是	是	是	是	是	是
样本数	990	979	979	990	979	979	990	979	979
$R^2$	0.830	0.563	0.704	0.667	0.780	0.487	0.648	0.506	0.815

注: \*  $P < 0.10$ , \*\*\*  $P < 0.01$ ; 括号内数值为标准误。人均GDP(万元/人),低1.079~3.392,中>3.392~5.478,高>5.478~19.254;降水量(mm),低290.958~715.598,中>715.598~1260.877,高>1260.877~2112.906;水资源存量(亿 $m^3$ ),低1.329~20.125,中>20.125~71.400,高>71.400~864.381。



升。在控制韧性基建投入对城市韧性的作用之后,试点政策的回归系数为0.600,低于基准回归系数0.632,气候适应型城市建设试点对城市韧性的提升部分通过韧性基建投入渠道发挥作用。验证了假说H2c。韧性基础设施的建设规划常常包含基于自然的解决方案,是有效规避气候风险所造成的生命财产损失的重要举措<sup>[50]</sup>。政府鼓励投资向韧性基础设施投入倾斜,有利于推动城市基础设施体系面对自然灾害由被动应对向主动防护转变,进而提升城市韧性。

## 5.2 空间效应分析

气候适应型城市建设试点政策对城市韧性的影响是否具有空间效应?在建立空间回归模型之前,首先采用地理距离权重矩阵和经济距离权重矩阵研究城市韧性是否具有空间相关性。由表7可知,采用地理距离权重矩阵时,Moran's *I*指数由0.178(2010年)上升至0.233(2020年);采用经济距离权重矩阵时,Moran's *I*指数由0.307(2010年)上升至0.379(2020年),且使用两种权重矩阵在所有年份均通过显著性检验。这表明中国268个地级及以上城市的城市韧性具有显著的正向空间相关性,即存在韧性强(弱)的城市被韧性强(弱)的城市包围的现象,即“高-高”(“低-低”)空间集聚模式。

进一步建立SAR、SEM、SDM三种空间回归模型,研究气候适应型城市建设试点政策对城市韧性影响的空间效应。由表8可知,在两种权重矩阵下,三种空间回归模型的*policy*系数均显著为正,这与基准回归保持一致,印证了气候适应型城市建设试点政策对城市韧性具有显著促进作用。

用的结论。从各模型空间系数情况来看,空间效应显著存在。首先,SDM模型显示,在采用地理距离权重矩阵计算时,气候适应型城市建设试点政策的空间滞后项 $W \times policy$ 系数在10%的水平下显著为正,即周边城市获批气候适应型城市建设试点对本城市韧性的产生促进提升作用。一旦周边地区城市获批气候适应型城市建设试点,本地区城市政府会提升竞争意识,吸收试点城市适应气候变化的工作经验,进而增强本城市的韧性水平。这种试点政策的正向空间溢出,说明在地理临近上气候适应型城市建设试点可以发挥一定的引领和示范作用。但这种效应在采用经济距离权重矩阵时难以观察到,说明地理空间临近是产生气候适应型城市建设试点政策正向空间溢出的主要来源。其次,SAR和SDM模型显示,在两种权重矩阵下,城市韧性的空间滞后项 $W \times gri$ 系数在1%的水平下显著为正,即地理距离或经济距离相近城市韧性增强可以促进本城市韧性提升。最后,SEM模型显示,在两种权重矩阵下,误差项的空间滞后项 $W \times \mu$ 系数在1%的水平下显著为正,即地理距离或经济距离相近城市的未观测因素也会对本城市韧性增强产生积极的空间影响。总体来看,气候适应型城市建设试点有助于促进城市之间的模仿和竞争,对城市韧性影响存在多种形式空间作用,验证了假说H3。

## 6 结论与启示

气候适应型城市建设试点政策是中国积极应对气候变化的重要探索,是建设韧性城市的重要措施。建设气候适应型城市也是通过跳出传统工业化思维框架,更新

表6 气候适应型城市建设试点对城市韧性影响的机制分析结果

变量	人力资本培养		绿色技术创新		韧性基建投入	
	<i>m1</i>	<i>gri</i>	<i>m2</i>	<i>gri</i>	<i>m3</i>	<i>gri</i>
<i>policy</i>	1.390*** (0.427)	0.571* (0.293)	0.007 (0.201)	0.630** (0.289)	2.360** (0.990)	0.600** (0.293)
<i>m1</i>		0.044*** (0.013)				
<i>m2</i>				0.223*** (0.028)		
<i>m3</i>						0.013** (0.006)
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是	是	是
常数项	1.401 (0.954)	12.780*** (0.653)	9.878*** (0.208)	15.030*** (0.704)	1.268 (2.209)	12.818*** (0.653)
样本数	2 948	2 948	2 948	2 948	2 948	2 948
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.037	0.606	0.505	0.618	0.009	0.605

注:\* $P < 0.10$ ,\*\* $P < 0.05$ ,\*\*\* $P < 0.01$ ;括号内数值为标准误。

城市发展理念,形成适应气候变化的城市组织方式,在生态文明新的思维框架下走绿色城镇化发展道路,促进城市实现高质量发展<sup>[51]</sup>。因此,以双重差分法作为主要工具,根据2010—2020年全国268个地级及以上城市的面板数据,定量分析2017年气候适应型城市建设试点政策对城市韧性影响,并通过异质性分析、机制分析和空间效应分析从不同视角开展科学、系统的量化评估。

主要研究结论:①气候适应型城市建设试点政策成效显著,能够有效促进城市韧性提升,且通过一系列稳健性检验之后,结论依然成立。②气候适应型城市建设试点政策在经济发达地区的执行效果最好,一个可能的原因是,经济发达地区各类要素禀赋较为充足,试点政策具有产生效果的全方位支持。气候适应型城市建设试点政策在水资源禀赋中等的地区效果最好,此类地区更容易

平衡城市发展与水资源安全的两难冲突,充分释放试点政策提升城市韧性的效能。③人力资本培养、韧性基建投入在气候适应型城市建设试点政策促进城市韧性提升的过程中发挥了重要的中介作用,通过从“软”“硬”两方面双重发力,形成了政策推进与韧性提升的正向反馈。而绿色技术创新作为一个长期过程,在试点后的3年内并没有形成有效的影响渠道,需要在更长的时间周期观察其效能。④周边地理邻近城市获批气候适应型城市建设试点对本城市韧性的产生促进提升作用,气候适应型城市建设试点有助于促进城市之间的模仿和竞争,形成对提升城市韧性的正向空间溢出。

基于结果分析,提出以下政策建议:①深化气候适应型城市试点建设工作。一方面,在《国家适应气候变化战略2035》出台后,主管部门要积极推动省级适应气候变化方案编制工作,将构建气候适应型城市纳入省级行动方案之中,促进形成气候系统观测-影响风险识别-采取适应行动-行动效果评估的治理体系,强化制度支撑。另一方面,在总结第一批试点城市经验的基础上,有针对性地选取不同气候风险类型的城市,适时开展第二批气候适应型城市建设试点。②因地制宜,采取差异化措施推进气候适应型城市建设。对于经济欠发达地区,尽快落实资金配套措施,加大财政支持力度;对于经济发达地区,要持续巩固优势,打造高品质的气候适应型城市软硬环境。对于水资源匮乏城市,要加大节水型设施和抗旱减灾设施的建设力度;对于水资源丰富地区,则应以防止雨洪突破城市承载上限为主。③多管齐下,进一步强化人力资本、绿色创新、气候韧性基础设施的桥梁纽带作用。要加强适应气候变化工作队伍和能力建设,将适应气候变化人才培养纳入国民教育体系之中,持续提升适应气

表7 气候适应型城市建设试点对城市韧性影响的  
空间相关性分析结果

年份	地理距离权重矩阵			经济距离权重矩阵		
	Moran's I	Z	P	Moran's I	Z	P
2010	0.178	7.465	0.000	0.307	10.522	0.000
2011	0.225	10.050	0.000	0.232	8.536	0.000
2012	0.239	10.523	0.000	0.252	9.113	0.000
2013	0.229	10.082	0.000	0.232	8.443	0.000
2014	0.234	10.071	0.000	0.282	10.010	0.000
2015	0.219	9.376	0.000	0.278	9.781	0.000
2016	0.219	9.191	0.000	0.285	9.824	0.000
2017	0.231	9.574	0.000	0.309	10.514	0.000
2018	0.146	6.224	0.000	0.206	7.184	0.000
2019	0.230	9.455	0.000	0.332	11.236	0.000
2020	0.233	9.493	0.000	0.379	12.638	0.000

表8 气候适应型城市建设试点对城市韧性影响的空间效应分析结果

变量	地理距离权重矩阵			经济距离权重矩阵		
	SAR	SEM	SDM	SAR	SEM	SDM
<i>policy</i>	0.605** (0.271)	0.600** (0.268)	0.746*** (0.273)	0.699*** (0.266)	0.718*** (0.263)	0.685*** (0.265)
$W \times policy$			2.610* (1.346)			-1.074 (1.056)
$W \times gri$	0.404*** (0.037)		0.408*** (0.037)	0.458*** (0.031)		0.427*** (0.032)
$W \times \mu$		0.418*** (0.037)			0.464*** (0.030)	
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是	是	是
样本数	2 948	2 948	2 948	2 948	2 948	2 948
$R^2$	0.143	0.156	0.183	0.215	0.159	0.162

注:\*  $P < 0.10$ , \*\*  $P < 0.05$ , \*\*\*  $P < 0.01$ ;括号内数值为标准误。



候变化工作队伍的素质和业务水平,提高适应气候变化人才服务韧性城市管理能力。注重绿色技术创新的关键作用,在气候适应型城市建设过程中,针对重点领域和关键基础设施的特定气候风险、“卡脖子”环节形成重点突破,加强气候适应性技术研发和创新,在建设气候适应型城市和增强城市韧性之间发挥关键的转化作用。鼓励财政资金向“蓝”“绿”等富有韧性的基础设施投入倾斜,构建政府引领、社会多元主体参与的韧性基础设施建设投融资体系。④放大试点城市的政策效应,构建气候适应政策的区域协调发展机制。充分发挥试点城市对于周边地区的带动示范作用,放大空间溢出效应,以城市群、都市圈为单位,加快探索形成应对气候变化的城市间协商机制,为构建国家战略提出的“2035年建成气候适应型社会”目标奠定坚实基础。

#### 参考文献

- [1] 谢欣露,郑艳. 气候适应型城市评价指标体系研究:以北京市为例[J]. 城市与环境研究,2016,3(4):50-66.
- [2] 白立敏,修春亮,冯兴华,等. 中国城市韧性综合评估及其时空分异特征[J]. 世界地理研究,2019,28(6):77-87.
- [3] 郑艳,翟建青,武占云,等. 基于适应性周期的韧性城市分类评价:以我国海绵城市与气候适应型城市试点为例[J]. 中国人口·资源与环境,2018,28(3):31-38.
- [4] ARUP. City resilience framework[R]. New York: Rockefeller Foundation, 2014.
- [5] 帕勃罗·甘达纳,郑艳. 中欧城市适应气候变化政策与实践[M]. 北京:社会科学文献出版社,2021:9.
- [6] 张跃胜,邓帅艳,张寅雪. 城市经济韧性研究:理论进展与未来方向[J]. 管理学报,2022,35(2):54-67.
- [7] HOLLING C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. Annual review of ecology and systematics,1973,4:1-23.
- [8] PIMM S L. The complexity and stability of ecosystems[J]. Nature, 1984,307:321-326.
- [9] BERKES F, FOLKE C. Linking social and ecological systems for resilience and sustainability[R]. Stockholm: Royal Swedish Academy of Science, 1994.
- [10] FOLKE C. Resilience (republished)[J]. Ecology and society, 2016, 21(4):44.
- [11] WALKER B, HOLLING C S, CARPENTER S R, et al. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems[J]. Ecology and society,2004,9(2):5.
- [12] 邵亦文,徐江. 城市韧性:基于国际文献综述的概念解析[J]. 国际城市规划,2015,30(2):48-54.
- [13] 赵瑞东,方创琳,刘海猛. 城市韧性研究进展与展望[J]. 地理科学进展,2020,39(10):1717-1731.
- [14] 段怡嫣,翟国方,李文静. 城市韧性测度的国际研究进展[J]. 国际城市规划,2021,36(6):79-85.
- [15] NORRIS F H, STEVENS S P, PFEFFERBAUM B, et al. Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness[J]. American journal of community psychology, 2008, 41: 127-150.
- [16] SANTOS J, YIP C, THEKDI S, et al. Workforce/population, economy, infrastructure, geography, hierarchy, and time (WEIGHT): reflections on the plural dimensions of disaster resilience[J]. Risk analysis, 2020,40(1):43-67.
- [17] 孙阳,张落成,姚士谋. 基于社会生态系统视角的长三角地级城市韧性度评价[J]. 中国人口·资源与环境,2017,27(8):151-158.
- [18] 张明斗,冯晓青. 中国城市韧性度综合评价[J]. 城市问题, 2018(10):27-36.
- [19] 陈安平. 集聚与中国城市经济韧性[J]. 世界经济,2022,45(1):158-181.
- [20] Curran T J. Foundations of ecological resilience[J]. Austral ecology, 2011,36(6):e30-e31.
- [21] 杨保清,李贵才,刘青. 基于DPSRC模型的国际社区社会韧性评价分析:以广州小北16个国际社区为例[J]. 地域研究与开发,2020,39(5):70-75.
- [22] 李亚,翟国方,顾福妹. 城市基础设施韧性的定量评估方法研究综述[J]. 城市发展研究,2016,23(6):113-122.
- [23] 刘长松. 城市安全、气候风险与气候适应型城市建设[J]. 重庆理工大学学报(社会科学),2019,33(8):21-28.
- [24] 马洁云,郑艳,周泽宇. 建设韧性城市:西咸新区气候适应型城市建设试点案例[J]. 城市,2021(1):72-79.
- [25] 付琳,曹颖,杨秀. 国家气候适应型城市建设试点的进展分析与政策建议[J]. 气候变化研究进展, 2020,16(6):770-774.
- [26] 李惠民,邱萍,张西,等. 气候适应型城市的规划要素及对我国28个试点方案的综合评价[J]. 环境保护,2020,48(13):17-24.
- [27] 吴建南. 践行“人民城市”重要理念,扎实推进气候适应型城市建设[J]. 探索与争鸣,2022(12):5-8.
- [28] 孙永平,刘玲娜. 气候变化背景下韧性城市建设的意义与路径[J]. 国家治理,2023(2):63-66.
- [29] 李涛,朱珊珊,黄献明. 基于气候灾害影响的国际韧性城市建设研究进展[J]. 科技导报,2020,38(8):30-39.
- [30] 王宇飞. 管控气候风险 提高城市气候韧性:青岛市的实践经验及启示[J]. 环境保护,2021,49(8):35-38.
- [31] 马丽梅,司璐. 低碳城市与可再生能源技术创新[J]. 中国人口·资源与环境,2022,32(7):81-90.
- [32] 刘成杰,胡钰苓,李虹桥,等. 中国智慧城市试点政策对城市发展质量的影响:基于韧性发展的视角[J]. 城市问题,2021(11):79-89.
- [33] 张莹,陈涛峰,陈洪波,等. 扶持政策对资源枯竭型城市高质量发展的促进效果[J]. 中国人口·资源与环境,2022,32(5):46-56.
- [34] 丁斐,庄贵阳. 国家重点生态功能区设立是否促进了经济发展:基于双重差分法的政策效果评估[J]. 中国人口·资源与环境,2021,31(10):19-28.
- [35] 李书娟,王贤彬,陈邱惠. 中央资源配置如何影响地方增长目标设置:基于2004年土地供应政策调整的解释[J]. 数量经济技术经济研究,2023,40(2):25-47.
- [36] ABADIE A. Semiparametric difference-in-differences estimators

- [J]. Review of economic studies, 2005, 72(1): 1-19.
- [37] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. 心理学进展, 2014, 22(5): 731-745.
- [38] 张卓群, 张涛, 冯冬发. 中国碳排放强度的区域差异、动态演进及收敛性研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(4): 67-87.
- [39] MARZI S, MYSIAK J, ESSENFELDER A H, et al. Constructing a comprehensive disaster resilience index: the case of Italy[J]. Public Library of Science One, 2019, 14(9): e0221585.
- [40] 朱金鹤, 孙红雪. 中国三大城市群城市韧性时空演进与影响因素研究[J]. 软科学, 2020, 34(2): 72-79.
- [41] BRUNEAU M, CHANG S E, EGUCHI R T, et al. A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities[J]. Earthquake spectra, 2003, 19(4): 733-752.
- [42] CUTTER S L. The landscape of disaster resilience indicators in the USA[J]. Natural hazards, 2016, 80(2): 741-758.
- [43] 郑艳. 全球应对气候变化灾害风险的进展与对策[J]. 人民论坛, 2022(14): 24-27.
- [44] 张振, 张以晨, 张继权, 等. 基于熵权法和TOPSIS模型的城市韧性评估: 以长春市为例[J]. 灾害学, 2023, 38(1): 213-219.
- [45] 章穗, 张梅, 迟国泰. 基于熵权法的科学技术评价模型及其实证研究[J]. 管理学报, 2010, 7(1): 34-42.
- [46] 张卓群, 王茜, 单菁菁. 黄河流域城市人与自然耦合协调状况及影响因素[J]. 城市问题, 2022(12): 19-29.
- [47] 宋弘, 孙雅洁, 陈登科. 政府空气污染治理效应评估: 来自中国“低碳城市”建设的经验研究[J]. 管理世界, 2019, 35(6): 95-108, 195.
- [48] 郑汉, 郭立宏. 低碳城市试点对邻接非试点城市碳排放的外部效应[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(7): 71-80.
- [49] CHETTY R, LOONEY A, KROFT K. Salience and taxation: theory and evidence[J]. American economic review, 2009, 99(4): 1145-1177.
- [50] 刘慧心, 崔莹. 面对气候灾难, 韧性基础设施建设亟需增强[J]. 可持续发展经济导刊, 2022(S1): 76-79.
- [51] 张永生. 基于生态文明推进中国绿色城镇化转型: 中国环境与发展国际合作委员会专题政策研究报告[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(10): 19-27.

## Impact of the pilot policy for constructing climate resilient cities on urban resilience

ZHANG Zhuoqun<sup>1,2,3</sup>, YAO Mingqi<sup>1,4</sup>, ZHENG Yan<sup>1,2,4</sup>

- (1. Faculty of Applied Economics, University of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488, China;
2. Research Institute for Eco-civilization, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100710, China;
3. Big Data Lab for Eco-civilization, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100710, China;
4. Research Center for Sustainable Development, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China)

**Abstract** Constructing climate resilient cities is an important measure to enhance urban resilience, improve urban livability, and promote sustainable development. Based on this, this study conducted a quantitative assessment using panel data from 268 Chinese cities at or above prefecture level from 2010 to 2020, utilized the 2017 pilot policy for constructing climate resilient cities as a quasi experiment, and employed a difference-in-differences (DID) model to examine its impact on urban resilience. Furthermore, the study conducted quantitative evaluations from different perspectives, including heterogeneity analysis, mechanism analysis, and spatial effect analysis. The results indicated that: ① The pilot policy could effectively promote urban resilience, and this conclusion still held after conducting a series of robustness tests, including winsorized regression, propensity score matching, time placebo, and individual placebo. ② Based on the analysis of economic development heterogeneity and water resource heterogeneity, the effects of the pilot policy were more significant in economically developed regions and regions with moderate water resources endowment. ③ The cultivation of human capital and investment in resilient infrastructure were important channels through which the pilot policy promoted urban resilience. ④ In geographically neighboring cities, a city's resilience could be promoted by the policy, indicating the existence of a positive spatial spillover effect. Therefore, the government should continue its efforts to build climate resilient cities, increase institutional support, summarize the experience from the pilot program, and release the second round of pilot projects at the right time. Also, it is important to select the best strategy to construct climate resilient cities based on the characteristics of each region. Next, a multi-pronged approach should be adopted to further strengthen the effects that human capital, green innovation, and climate resilient infrastructure have as a link. At last, the government should amplify the policy effects of pilot cities, establish a regionally coordinated development mechanism for climate resilient policy, and continue to promote the construction of climate resilient cities towards high-quality development.

**Key words** climate resilient cities; urban resilience; pilot policy; difference-in-differences model

(责任编辑: 李 琪)