

低碳城市建设能显著吸引人口流入吗？

——来自中国低碳城市试点工作的经验证据

何雄浪 李楠新

摘要 低碳城市建设是新时代我国推进以人为核心的新型城镇化的重要举措。在阐释理论机制的基础上，利用 2003—2019 年 284 个地级市的现实证据，构建多期双重差分模型实证检验低碳城市建设对人口流动的具体影响。研究结果显示：低碳城市建设总体上产生了显著的人口吸引效应，该结论经过多维度的检验后依然稳健；异质性分析上，低碳城市建设在沿海城市、较年轻型城市和非资源型城市中产生的人口吸引作用更为突出；作用机制检验结果表明，污染减排效应和就业替代效应是低碳城市建设吸引人口流入的重要实现路径，污染减排效应与人口流动呈现倒 N 形关系，就业替代效应与人口流动呈 U 形关系。从低碳城市试点政策入手评估低碳城市建设产生的人口吸引效应，为进一步探索低碳城市建设方略提供了有益参考。

关键词 人口流动 低碳城市建设 低碳城市试点工作 多期双重差分模型

【中图分类号】F062.2 【文献标识码】A 【文章编号】2095-851X(2024)01-0079-20

一、引言及文献回顾

人口对于经济发展的重大意义不言而喻，是供给劳动力资源、促进总需求增加、推动社会分工和进步、实现经济繁荣发展的核心要素。党的二十大报告指出，推进以人为核心的新型城镇化，加快农业转移人口市民化。^①在新时代全面推进中国式现代化的进程中，必须继续坚持以人为本的城镇化路径，使城市成为人民群众高品质生活的空间。随着改革开放的不断深入，我国大规模、高频率的人口流动特征越发显著，吸引人口流入成为城市发展的重要举措。根据“七普”数据，地市之间人户分离人口，即学术界所称“流动人口”达到了 3.76 亿人，较“六普”数据增幅为 70.03%。

随着人们对美好生活的不断追求，城市宜居程度在现代社会中对人口的吸引作用逐渐凸显，环境质量越来越成为决定流动人口“用脚投票”的关键因素。作为治理环境污染、提高城市宜居水平、推进新型城镇化的一项关键政策性工具，低碳城市建设在我国推动经济社会低碳转型发展中起到了不可替代的作用。一个重要的现实议题亟需学界解答：我国的低碳城市建设是否真正实现了促

【基金项目】国家社会科学基金项目“环境约束下长江经济带城市群产业联动高质量发展研究”（批准号：21BJL045）；西南民族大学中央高校项目“环境规制下民族地区经济高质量发展研究”（批准号：2023SYJSCX03BS）。

【作者简介】何雄浪，西南民族大学经济学院教授、博士生导师，邮政编码：610225；李楠新，西南民族大学经济学院博士研究生，本文通讯作者。

① 习近平：《高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告》，《人民日报》，2022 年 10 月 26 日。

进城市低碳转型和吸引人口流入的“双重红利”？前者的有效性已经得到学界的广泛证实，而对后者的探讨及回应尚付阙如，有鉴于此，本文以国家发展和改革委员会组织开展的低碳省区和低碳城市试点工作为研究切入点，利用准自然实验思路基于全国284个地级市的相关数据事实构建多期双重差分模型，以此考察我国低碳城市建设是否有效吸引了人口流入。通过研读既有文献，我们发现与本文研究方向紧密契合的文献主要有三个方面，分别是低碳城市建设产生的效应、影响人口流动的因素以及低碳城市建设对人口流动的影响。

就关注低碳城市建设产生的效应研究而言，作为一类政府用以调节人类经济行为与自然生态关系的重要政策手段，学界对其产生的效应研究也主要集中在经济和生态两方面。经济效应方面，这类研究或多或少基于“波特假说”展开，认为低碳城市建设的推行在微观层面上会促使企业进行技术革新（Porter and Linde, 1995）、提升企业的盈利能力（杜龙政等, 2019）、产品质量（沙文兵、彭徐彬, 2023）等，在宏观层面有助于推动区域产业结构转型升级（Copeland and Taylor, 1994）、优化政府决策行为（王展祥、叶宇平, 2023）、促进区域经济高质量发展（张跃胜等, 2022）等。持怀疑态度的研究主要基于“遵循成本假说”和“污染避难所假说”，认为低碳城市建设会迫使当地企业支付额外的成本用以污染治理和披露碳排放信息，挤占企业研发投入成本、削弱竞争力（Gray, 1987），也有研究发现低碳城市建设的推进产生了区域发展“去制造化”和制造业内部“脱实向虚”的现象（刘娟、刘梦洁, 2023），而且若信贷约束趋紧，企业容易陷入“低碳陷阱”（田淑英等, 2022）。生态效应方面的研究结论较为一致，学界普遍认同低碳城市建设在多方面有效改善了生态环境质量，例如，显著降低空气污染（宋弘等, 2019）、抑制碳排放（张华, 2020）、激励绿色创新（熊广勤等, 2020）等。

着眼于研究影响人口流动的因素是与本研究密切相关的另一类研究。在允许人口自由流动的前提下，人口流动的最终选址去向是基于利益最大化的价值取舍，反映了不同地区条件差异下人口“用脚投票”的选择结果（马志飞等, 2019）。纵览既有文献，我们将影响人口流动的因素分为经济机会、社会保障、环境质量三大类。从经济机会影响人口流动的文献看，学界普遍认同工资水平在影响人口流动中发挥了决定性作用（Lewis, 1954），产品多样性（Krugman, 1991）、地区住房价格（高波等, 2012）等重要因素也被学者们挖掘出来。从社会保障因素来看，已有研究发现公共服务（李拓、李斌, 2015）、户籍（张翼, 2011）、流动人口融入当地社会的难度（任远、乔楠, 2010）、后代教育（李尧, 2022）等因素同样是流动人口选址时的重要考量依据。随着环境质量在人们流动选址时占据了越发重要的位置，围绕生态环境质量展开的研究也逐渐成为了相关研究的热点。早在19世纪，已有学者指出，具有气候吸引力的区域更容易吸引人口迁移（Ravenstein, 1889），目前国内外大多数研究结论支持环境质量与人口吸引力成正相关这一观点，即环境质量的改善会吸引人口流入，而过高的环境污染程度会驱赶当地人口（Banzhaf and Walsh, 2008；肖挺, 2016）。除此之外，也有研究注意到环境质量与人口流动之间或许不是严格的线性关系，而是存在着U形关系（邹庆, 2015）、N形关系（文雯、王奇, 2017）等非线性关系，且这种作用也表现出了在不同条件下的异质性（杨晓军, 2019）。

直接关注到低碳城市建设如何影响人口流动的研究较少且学界尚未形成共识，许多研究关注到了低碳政策对高碳排放、高能耗、高污染的传统行业造成了较大的冲击，诸如化学品生产（Raff and Earnhart, 2019）等行业在环境规制的执行下驱赶了劳动力人口，且这种驱赶效应在低学历人群、低发展水平地区表现得更为明显，但企业的积极创新和工艺改进可以削弱这种不利影响（秦炳涛等, 2023）。更多的研究结果显示，低碳政策在整体上具有促进就业和吸引劳动力流入的作用（陈媛媛, 2011），此类研究同样表明，这种作用具有显著的区域、行业、人群特征等条件的异质性，在趋势上或许表现出了先抑制后促进的U形关系。在实现影响的作用机制上，学者们发现低碳政策主要通过影响企业市场份额和生产成本（熊俊等, 2022）、产出效应和要素替代效应（Berman

and Bui, 2001)、技术进步效应(孙玉阳、唐嘉懿, 2022)等作用机制对劳动力流动产生影响。

通过对既有研究成果的回顾,不难发现在我国大力推动低碳城市建设以来,学者们投入了足够的研究热情于探究低碳城市建设产生的各种生态、经济及社会效应上,但对低碳城市建设是否有效吸引了人口流入这一重要议题的研究乏善可陈。因此,我们期望在以下几个方面作出可能的边际贡献:第一,从目前可检索到的文献来看,本文是首次将低碳城市建设和人口流动放入同一研究框架内进行研究的文章,探讨我国广泛实施的低碳城市建设政策是否真正实现了污染防治和吸引人口流入的“双重红利”这一议题,扩充了相关领域的研究成果;第二,从研究方法来看,虽然已有较多的文献设计准自然实验来考察低碳城市建设产生的各种效应,但检验方法普遍较为薄弱,本文充分考虑到内生性、样本自选择和随机误差问题,进行多方位、多维度的严格检验,使得研究结论更为科学与稳健;第三,对低碳城市建设影响人口流动过程中可能存在的作用路径展开机制检验,并考虑到城市是否沿海、城市的人口年龄构成和城市是否为资源型城市可能会产生不同的研究结果,本文进行相应的异质性分析。从研究价值来看,本文不管是对人口微观主体优化其流动决策行为,还是对政府更加科学合理规划低碳城市建设后续工作、有效推进以人为核心的新型城镇化,均具有一定的参考价值。

二、理论机制分析

我国进行低碳城市建设旨在控制温室气体排放、改善城市生态环境质量、提升城市宜居水平、探索和引领全国低碳经济发展方式并吸引人力资本持续流入。低碳城市建设是影响深远的经济社会系统性变革,将对城市发展的各个领域产生作用,影响决定人口流动意愿的经济机会、社会保障和环境质量等诸多方面,改变城市的人口流动情况。与早期以环境目标约束责任制、“自上而下”进行政策设计的思路不同,我国开展的低碳城市建设工作更加体现出了“自下而上”的政策特点,地方政府被赋予了充足的政策能动性以制定适合当地情况的低碳城市建设规划,使得城市在积极推动社会低碳转型的同时也不至于对本地经济社会运行造成过大冲击。同时,低碳城市建设作为一项综合性的环境规制手段,与普通环境规制主要通过设立环保排污红线的方法有别,低碳城市建设更注重通过城市设计规划、空间格局优化、产业扶持引导等方面来促进城市的可持续发展,使城市更加宜居、宜业、宜游,强化其人口吸引力。因此,结合当前学界研究成果,我们将低碳城市建设影响人口流动的具体路径分为污染减排效应、技术进步效应以及就业替代效应三个方面。

(一) 低碳城市建设影响人口流动的污染减排效应

低碳城市建设对城市污染排放的抑制作用是显而易见的。气候变化绿皮书《应对气候变化报告2021:碳达峰碳中和专辑》明确指出,经过一段时期的低碳城市试点工作的开展,我国大部分城市绿色低碳发展水平有了实质性提高,低碳试点城市的整体低碳水平明显高于非试点城市。对全国城市进行绿色低碳评估,结果显示,2010年低碳城市试点工作开展初期,未出现90分及以上城市,截至2020年,90分以上城市达到18个,接近评估城市的10%。低碳城市建设过程中,政府一方面通过设立明确的污染排放标准约束企业在生产经营过程中的能源消耗和污染排放行为,企业为了避免触犯污染排放红线选择更清洁的生产工艺和更节能的生产方式,同时,趋紧趋严的低碳城市建设力度可能会驱赶一些采取重污染、高能耗生产方式又无力承担相应治理污染费用的企业,降低当地的污染排放水平,改善生态环境质量;另一方面,政府可以通过设置清洁型产业扶持基金、绿色金融政策、能源和污染排放税等经济手段引导企业节能减排、进行绿色技术创新,并引导当地能源结构逐渐从传统“三高”型向清洁节能型能源结构转化。并且,政府还可以通过在当地树立环保意识,鼓励倡导企业和公民实行绿色生活、绿色消费和绿色出行,实现对全社会污染排放的控制,

促进环境质量改善和经济社会低碳转型。

更好的生活品质是人们来到城市居住生活的根本追求，随着人们生活水平的不断提高，环境污染造成的直接健康问题和通过气候、食物、土壤、物种等因素对人们造成的间接身心健康问题越来越受到人们的关注，环境质量越发成为人们进行流动选址考虑的关键因素。大城市更多的经济机会给人们带来偏好的满足越来越难以抵消环境污染造成的偏好下降，人口进行迁移流动决策的重点由从乡村往城市、从小城市往大城市转变为对生态宜居城市的多元选择。低碳城市建设由于在推动污染减排和提高城市生活宜居度方面的有效性，具有人口吸引力。因此，我们认为低碳城市建设能通过有效降低城市环境污染、改善生态环境质量，以此增加对人口流入该城市的吸引作用。

（二）低碳城市建设影响人口流动的技术进步效应

低碳城市建设可通过挤占效应、压力效应和补偿效应的共同作用对技术进步发挥影响。挤占效应是“遵循成本说”的核心思想，低碳城市建设中设立的环境目标约束和污染排放标准会提高企业的治污减排费用，挤占了企业的生产成本并影响了经营利润，使得企业原本用于技术研发的资金部分被用于治污减排、延长企业生产流程、增加清洁消毒工序及披露污染排放信息等，用以创新的人力资本和物质资本都会受到冲击，抑制技术进步的出现；压力效应和补偿效应是“波特假说”的理论内核，其中，压力效应体现为企业在环境目标约束下意识到继续压缩生产成本、挤占经营收入用于治污减排并非企业长期最优发展策略之后，通过精简企业管理制度、优化人员配置、开发绿色新型技术和产品等方式，一方面回应低碳城市建设的环保减污需求，另一方面使企业在长期中保持可持续发展能力，这将推动技术进步的产生；补偿效应表现为政府在推动低碳城市建设过程中，会采取建立符合低碳城市建设目标的产业引导基金、绿色金融机制、环境补贴等措施鼓励企业进行科学研发和技术创新，补偿企业的技术创新风险、资金约束和治污减排成本，同时保证企业的正常营业及利润收入不受到过大冲击，在环境规制和技术研发双重成本负担下保持竞争力，这将推动技术进步的形成。低碳城市建设中技术进步能否实现，取决于具体条件下挤占效应、压力效应和补偿效应共同发挥作用的结果。

随着我国人口红利逐步由数量红利向质量红利转化，技术进步不仅是全面建设社会主义现代化进程中的关键驱动力，也对人口流动展现出了特殊的吸引力。技术进步，一是可以通过促进当地产业和经济高质量发展为流动人口提供更高的工资收入、更理想的就业情况；二是可以为流动人口提供更广阔和更高水平的知识技术溢出空间，使得流入人口享受更好的人力资本积累条件；三是可以实现交通、医疗、通讯、数字化等领域的快速发展，为流动人口提供更好的生活品质 and 便利程度。这三个方面均会使得技术水平较高的城市具有更强的人口吸引力。综上所述，我们认为低碳城市建设能通过影响技术进步这一传导路径最终影响人口流动，这种影响的最终结果由低碳城市建设对技术进步发挥的挤占效应、压力效应和补偿效应共同作用决定。

（三）低碳城市建设影响人口流动的就业替代效应

低碳城市建设会显著调整当地的就业结构。一方面，低碳城市建设中，政府大多会出台扶持绿色产业发展的产业引导政策和绿色金融支持政策，引导当地产业结构从资源密集型、污染密集型产业向技术密集型和环保低碳型产业转变。在此过程中，低碳城市建设一方面会利用强制命令型环境规制工具，如制定污染物排放标准、生产技术标准等，增大企业的治污减排成本，强化企业资金约束并压缩其利润空间，促使企业不得不精简人员结构以限制开支并削减“三高”产品的生产量和相关部门就业人员数，挤出部分劳动力人口。另一方面，低碳城市建设会通过提高行业准入门槛、能耗限额水平等措施加快“三高”企业退出市场并严格限制这类企业进入，直接流失此类企业的全部就业人口。同时，低碳城市建设会通过实现产业转型升级，产生新业态、新部门、新模式、新需求，在长期中提供新的就业机会，带来新的就业结构红利，吸引人口流入。低碳观念的普及同样会

使得居民消费、投资需求变更，也会引起产业结构的调整，以此调整当地的就业结构。总而言之，低碳城市建设会引起当地产业结构和就业结构多重调整，通过就业替代效应影响人口流动，这种影响最终会吸引人口流入还是致使人口流出，取决于低碳城市建设对污染密集型行业劳动力人口的挤出效应和对环境友好型行业劳动力人口的吸引效应的哪一种发挥了主导作用。

由此，根据上述分析，低碳城市建设影响人口流动的作用机制框架如图 1 所示。

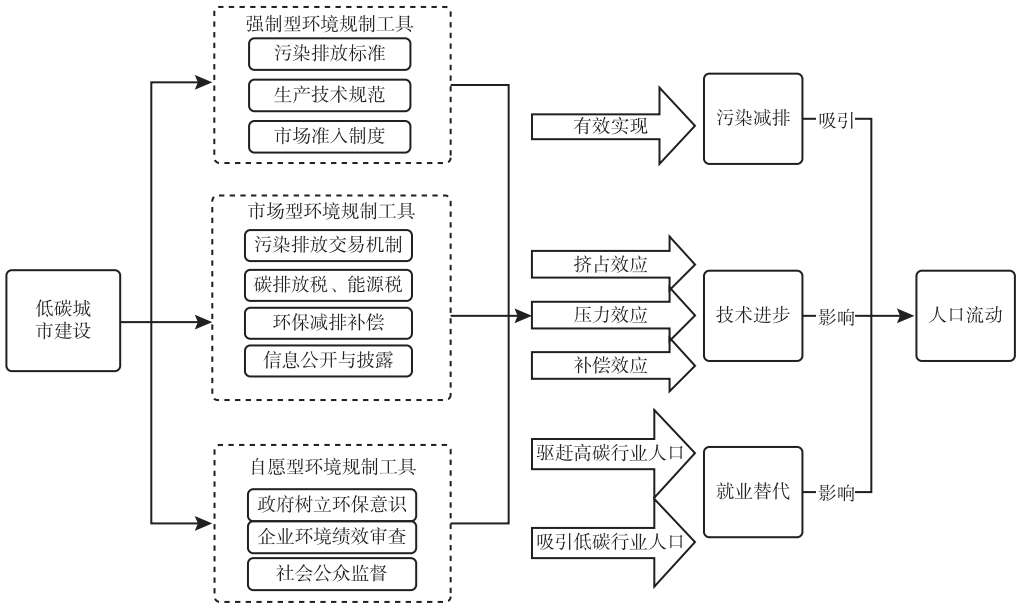


图 1 低碳城市建设影响人口流动的作用机制

资料来源：作者绘制。

三、研究设计

我国为推动低碳城市建设所采取的措施众多，其中最具有代表性和执行力的举措是开展全国性的低碳城市试点工作。因此，本文利用低碳城市试点工作作为低碳城市建设的代理政策变量。具体而言，国家发展改革委分别于 2010 年、2012 年及 2017 年发布了《关于开展低碳省区和低碳城市试点工作的通知（发改气候〔2010〕1587 号）》《国家发展改革委关于开展第二批低碳省区和低碳城市试点工作的通知（发改气候〔2012〕3760 号）》《国家发展改革委关于开展第三批国家低碳城市试点工作的通知（发改气候〔2017〕66 号）》开展低碳城市试点工作，最终在城市层面确定了 121 个试点城市示范开展低碳城市试点工作^①，第三批试点城市的名单如表 1 所示。由于低碳试点城市的确定是中央决策权和地方自主权基于实际情况相互作用的结果，一方面并不具有完全的随机性，另一方面也无法重复试验，基于此，为科学控制其他潜在影响人口流动的共时性政策的干扰以及试点城市与非试点城市的事前差异，有效控制内生性问题，精确识别出低碳城市试点工作影响人口流动的净效益，参考贝克等的研究（Beck et al., 2010），我们将低碳城市试点工作视为一次准自然实验予以研究，由于低碳城市试点工作分为三批开展，我们将 2010 年、2012 年以及 2017 年均作为政策实施时间，利用多期双重差分法进行政策效应评估。

^① 2010 年，第一批试点明确将 5 省 8 市作为首批低碳试点城市。2012 年，确定将 29 个城市和省区纳入试点范围。2017 年，确定在 45 个城市（区、县）开展第三批试点工作。

表1 三批低碳城市试点名单

第一批试点城市(2010年)	第二批试点城市(2012年)	第三批试点城市(2017年)
湖北省、云南省、广东省、陕西省、辽宁省、重庆市、厦门市、南昌市、保定市、天津市、深圳市、杭州市、贵阳市	北京市、上海市、海南省和秦皇岛市、呼伦贝尔市、大兴安岭地区、淮安市、宁波市、南平市、赣州市、济源市、广州市、遵义市、昆明市、延安市、石家庄市、晋城市、吉林市、苏州市、镇江市、温州市、池州市、景德镇市、青岛市、武汉市、桂林市、广元市、金昌市、乌鲁木齐市	乌海市、大连市、逊克县、常州市、金华市、合肥市、黄山市、宣城市、六安市、共青城市、抚州市、济南市、烟台市、长沙市、郴州市、中山市、柳州市、成都市、玉溪市、安康市、敦煌市、银川市、吴忠市、伊宁市、和田市、第一师阿拉尔市、沈阳市、朝阳市、南京市、嘉兴市、衢州市、淮北市、三明市、吉安市、潍坊市、长阳土家族自治县、株洲市、湘潭市、三亚市、琼中黎族苗族自治县、普洱市思茅区、拉萨市、兰州市、西宁市、昌吉市

资料来源：作者根据国家发展改革委发布的低碳城市试点工作文件整理。

(一) 模型设计

根据上文的论述，我们假定低碳城市试点工作只对试点城市产生影响，不产生对非试点城市的外溢效应。同时，考虑到低碳城市试点工作主要以城市为核心单元开展，我们从城市层面将中国所有地级市及以上城市分为实验组和对照组，实验组由全部试点城市组成，对照组即其他非试点城市。本文用于评估低碳城市建设影响人口流动效应的多期双重差分模型设定如式(1)所示，用以进行平行趋势检验的模型设定如式(2)所示，用以检验低碳城市建设影响人口流动作用机制的模型设定如式(3)、式(4)所示。

$$pop_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 did_{it} + \alpha_3 control_{it} + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \tag{1}$$

$$pop_{it} = \alpha_4 + \sum_{t=-4}^6 \theta_t did_{it} + \alpha_5 control_{it} + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \tag{2}$$

$$M_{it} = \beta_1 + \beta_2 did_{it} + \beta_3 control_{it} + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \tag{3}$$

$$pop_{it} = \gamma_1 + \gamma_2 did_{it} + \gamma_3 M_{it} + \gamma_4 control_{it} + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \tag{4}$$

式(1)中， i 、 t 分别表示城市和年份，被解释变量 pop 表示人口流动， did 为本文的核心解释变量，是表示低碳城市试点工作开展与否的虚拟变量， $control$ 为控制变量， α_1 为截距项， α_2 、 α_3 为估计系数， η 为城市固定效应， μ 为时间固定效应， ε 为随机误差项。 α_2 为本文重点关注的估计系数，即低碳城市试点工作的政策净效应，若估计结果为正，则表明开展低碳城市建设吸引了人口流入，反之则表明低碳城市建设造成了城市人口流出。

式(2)参考雅各布森等提出的事件研究法(Jacobson et al., 1993)， θ_t 为平行趋势检验部分主要关注的系数值，其系数值的大小含义为低碳城市建设实施后的第 t 年，试点城市组与非试点城市组之间的人口流动差异，其他字母含义与前述相同。

式(3)和式(4)借鉴温忠麟等(2004)的研究构建的中介效应模型，于模型(1)的基础上加入。式中 M_{it} 即本文设定的机制变量， β 和 γ 分别表示变量的系数值，其他变量设定与前文设定相同。

(二) 变量说明

1. 被解释变量：人口流动 (pop)

参考目前学界对于城市层面人口流动的衡量方法(邓国营、冯倩, 2020)，采用各地级市常住人口与户籍人口的差值占户籍人口的比例来衡量城市人口流动情况，该数值为正表示该年该城市人口净流入，反之则表示人口净流出，绝对值越大则人口流动规模越大。

2. 核心解释变量：低碳城市建设年份与城市交互项 (did)

用低碳城市试点工作在该城市该年份是否开展作为低碳城市建设的虚拟代理变量，考虑到三批

低碳城市试点工作并不只开展一年，选定为试点城市之后将作为示范地区长期坚持，故被设为试点的城市以后年份政策虚拟变量均设定为 1，未确定为试点的城市及年份设定为 0。

3. 控制变量

基于文献回顾中对影响人口流动的因素的研究综述，人口流动去向主要取决于经济机会、社会保障以及环境质量三个方面，由于环境质量这一因素将作为机制变量在后续内容中进行检验，故我们主要考虑经济机会及社会保障方面的潜在影响，选取 7 个城市层面的控制变量，包括：收入水平 ($\ln gdp$)，以人均 GDP (元) 的对数值衡量；财政规模 ($\ln fina$)，以地方财政预算内支出 (万元) 的对数值衡量；产业结构 ($\ln inds$)，以第三产业占 GDP 的比重 (%) 的对数值衡量；教育水平 ($\ln edu$)，以城市高等学校数量对数值衡量；基础设施水平 ($\ln elec$)，以城市全年用电总量 (万千瓦小时) 的对数值衡量；医疗服务水平 ($\ln med$)，以医院、卫生院床位数 (张) 的对数值衡量；经济开放水平 ($\ln fdi$)，以外商实际投资额 (万美元) 的对数值来衡量。

(三) 数据来源与变量的描述统计

由于在低碳城市试点工作的推进过程中，试点工作由初期的省级层面和市级层面同时展开演进至主要以城市为核心开展，因此，我们选取地级市层面的数据进行研究，对试点地区中的省级试点，将全省所有地级市纳入试点城市实验组，剔除其中的县、区级试点。地级市中因三沙市、儋州市、海东市等地级市建市较晚，巢湖市、思茅市先后被撤销，昌吉市、伊宁市、大兴安岭地区、第一师阿拉尔市等地级市数据缺失严重，将这些城市样本数据予以剔除，最终确定本文研究地区为 284 个地级市，其中包含实验组 101 个试点城市以及对照组 183 个非试点城市。研究时间选取上，因 2020 年初开始的新冠疫情持续冲击使得我国人口流动几近停滞，2020 年至 2022 年的相关数据价值甚微，基于此，充分考虑到样本量需求和本研究数据结构特征，本文的数据在时间跨度上选定为 2003 年至 2019 年，共 17 年。本文数据主要来源于各年的《中国城市统计年鉴》《中国人口统计年鉴》(2007 年更名为《中国人口和就业统计年鉴》) 以及各省级统计年鉴，对于微量数据缺失不做处理，少量数据缺失以线性插值法予以填充补充。变量的描述性统计如表 2 所示。

表 2 基准回归变量描述性统计

变量名	含义	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值
<i>pop</i>	人口流动	4 821	0.0119	0.2981	-0.5302	4.1575
<i>did</i>	低碳城市建设年份与城市交互项	4 828	0.1605	0.3671	0.0000	1.0000
$\ln gdp$	收入水平	4 805	10.2272	0.8441	7.5445	15.6748
$\ln fina$	财政规模	4 821	14.0829	1.1070	10.1014	18.2414
$\ln inds$	产业结构	4 812	3.6301	0.2815	1.6846	8.3278
$\ln edu$	教育水平	4 707	1.3274	1.1038	0.0000	4.5332
$\ln elec$	基础设施水平	4 734	12.9836	1.3138	7.7175	16.5678
$\ln med$	医疗服务水平	4 817	9.4019	0.7512	6.7625	12.0860
$\ln fdi$	经济开放水平	4 586	9.6389	1.9743	1.0985	14.9412

资料来源：作者使用 Stata 软件统计得出。

(四) 经验现实分析

新时代以来，我国人口流动的活性显著增强，第七次人口普查数据显示中国人户分离人口达到了 49277 万人，相较“六普”数据增长了 88.84%，省际流动人口约有 12484 万人，增长了 45% 左右，地市之间人户分离人口约为 37582 万人，相较“六普”增长了 70.03%。那么人口最终都流向了哪里？实施了低碳建设的城市是否对人口流动展现出了强劲的吸引力？从本文研究样本 284 个地

级市的现实证据来看,被确定为低碳城市试点的城市有101个,占全国总样本的35.56%,未被设为试点的城市占64.44%,数据显示,2003年至2019年101个低碳试点城市人口流动情况相较于183个非试点城市平均多了3.01%的人口净流入;就实施了低碳城市试点工作的年份而言,低碳试点城市比非试点城市平均多吸引了2.57%的人口净流入;从试点城市自身时间纵向对比,101个试点城市实施了低碳城市工作之后相较于实施以前人口净流入多了1.94%;从实现了人口净流入的试点城市个数来看,所有试点城市在未推行低碳城市建设前仅有48个城市实现了人口净流入,而推行了低碳城市建设以后的第一年已有60个试点城市实现了人口净流入,余下未实现人口净流入的试点城市推行了低碳城市建设后,人口流出情况平均减轻了0.49%。这些现实证据或许已经初步表明我国低碳城市建设在一定程度上促进了人口流入,当然由于许多潜在相关因素的干扰,要给出确定的研究结论还需要后续更为严谨的实证研究。

四、实证检验及结果分析

本部分利用多期双重差分模型进行基准回归以评估低碳城市建设是否有效吸引了人口流入,并在此结论上进行了多维度、多层次的检验以确保结论的可靠性。

(一) 基准回归结果

表3展示了低碳城市建设对人口流动的影响的基准回归检验结果^①,列①为加入全部控制变量的估计结果,列②为无控制变量时的估计结果,两模型均控制时间和个体双向固定效应。结果显示,无论是否加入控制变量,低碳城市建设对人口流动的影响都在1%的显著性水平下为正,表明低碳城市建设产生了显著的人口吸引效应,通过低碳城市建设的开展,城市明显提高了其人口吸引力,具体而言,在考虑其他因素影响的情况下,低碳城市建设的实施使得城市能额外吸引3.13%人口流入,考虑到依然存在样本自选择问题、遗漏变量影响、时间趋势影响等潜在干扰结论的因素,我们将在后续部分进行结论检验。

控制变量方面,人均收入水平、产业结构、基础设施水平对人口流动的估计系数显著为正,表明城市人均收入水平的提升、产业结构的优化和基础设施水平的上升均能对人口展现出吸引力;财政规模、教育水平与人口流动之间不具备显著相关关系;医疗水平和经济开放水平对人口流动的影响显著为负,这似乎与经验常识相悖,或许是本文数据选择采用总量数据而不是人均数据的原因,由于控制变量的效应并非本文关注重点,在此不做强行解释及深究。

表3 低碳城市建设对人口流动的影响

变量	① <i>pop</i>	② <i>pop</i>
<i>did</i>	0.0313 *** (0.0049)	0.0261 *** (0.0047)
$\ln gdp$	0.0323 *** (0.0066)	—
$\ln fina$	-0.0557 (0.0051)	—
$\ln inds$	0.0276 *** (0.0077)	—
$\ln edu$	0.0044 (0.0044)	—

① 出于控制篇幅考虑,本文之后均不展示控制变量结果。

续表

变量	① <i>pop</i>	② <i>pop</i>
<i>ln elec</i>	0.0068 ** (0.0033)	—
<i>ln med</i>	-0.0662 *** (0.0097)	—
<i>ln fdi</i>	-0.0049 *** (0.0015)	—
个体效应	YES	YES
时间效应	YES	YES
常数项	0.8718 *** (0.1162)	0.0070 *** (0.0013)
观测值	4384	4821
R ²	0.9404	0.9362

资料来源：作者使用 Stata 软件计算得出，***、** 分别表示在 1%、5% 的水平上显著。

(二) 平行趋势检验

多期双重差分模型的关键前提是满足平行趋势假设，即在政策实施前，试点城市和非试点城市的人口流动情况应具有相同的变化趋势，从而保证估计的无偏性。结合本文的数据特征，我们将低碳城市建设实施的当年作为基准期，即第 0 期，展示试点政策实施之前 4 年以及实施后 6 年共 10 年的检验结果，将早于试点政策实施之前四年的数据一同归纳到第 -4 期，将试点政策实施后第六年以后的数据统一归纳到第 6 期。平行趋势检验结果如图 2 所示，图中实心线表示估计系数，短竖线为 95% 上下的置信区间，可见在低碳试点政策实施之前， θ_t 的估计值均不显著，而在政策实施后，所有年份的系数值都显著为正，表明平行趋势假设未被拒绝，试点组城市与非试点组城市的人口流动情况在未施加政策时的趋势是一致的，可以在一定程度上排除外部因素的干扰。

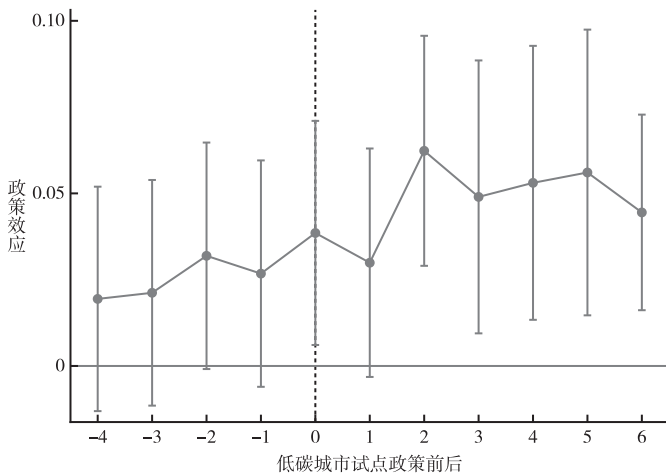


图 2 低碳城市建设的人口吸引效应平行趋势检验

资料来源：作者使用 Stata 软件绘制。

(三) 安慰剂检验

为避免由于研究者主观先入为主的心理因素对研究结论的偏向性解读，本部分构建虚假的低碳

城市试点实验组和虚假的低碳城市政策时间进行估计，如果虚假处理组和政策时间的估计结果依然稳健，就说明低碳城市建设的人口吸引效应实际上是由于其他原因产生的，先前所做的研究很有可能出现偏误。我们从时间和城市两个方面展开安慰剂检验。

1. 时间安慰剂检验

我们构建虚假的政策时间以排除低碳城市建设产生的人口吸引效应是由其他政策变革或时间趋势变化导致的，将低碳城市试点工作分别提前1年、3年、5年、7年，分别以 did_1 、 did_3 、 did_5 、 did_7 表示，并通过式(1)进行估计。结果如表4所示，不难看出，本文所设置的虚假年份低碳城市试点工作对人口流动的影响均未能通过10%的显著性检验，且列②—列④的估计系数为负，这都与上文基准回归结果大相径庭，表明开展了低碳城市试点工作的城市与对照组城市的时间趋势并不存在系统性差异，验证了低碳城市建设有效吸引了人口流入的结论有效性。

表4 虚假低碳城市建设政策时间对人口流动的影响

变量	①pop	②pop	③pop	④pop
did_1	0.0002 (0.0087)	—	—	—
did_3	—	-0.0047 (0.0088)	—	—
did_5	—	—	-0.0061 (0.0089)	—
did_7	—	—	—	-0.0028 (0.0089)
控制变量	YES	YES	YES	YES
个体效应	YES	YES	YES	YES
时间效应	YES	YES	YES	YES
常数项	0.9004 *** (0.1171)	0.9002 *** (0.1171)	0.8997 *** (0.1171)	0.8995 *** (0.1172)
观测值	4384	4384	4384	4384
R ²	0.9398	0.9398	0.9398	0.9398

资料来源：作者使用 Stata 软件计算得出，*** 表示在 1% 的水平上显著。

2. 城市安慰剂检验

为避免城市层面其他遗漏因素才是促使城市人口流入的关键，我们进行城市安慰剂检验，构建虚假的试点城市作为实验组进行效应估计。本文研究设计部分共设置了 101 个试点城市作为实验组，同样，此处我们在样本城市中也随机抽取 101 个城市作为虚假的处理组城市，其余城市作为虚假对照组城市，以此得到虚假的低碳城市试点工作对人口流动的作用系数估计值。为降低抽取偶然性，参考 Cai 等 (2016) 的处理办法，我们重复 500 次随机抽取和检验的步骤，得到 500 个回归系数及其对应的 p 值，将所有的虚假低碳城市试点工作影响人口流动的系数估计值和显著性值绘制成核密度图，如图 3 所示。图中水平的虚线表示 10% 显著性水平值，垂直的虚线表示真实的低碳城市试点工作对人口流动的影响估计系数，即本文基准回归部分得出的结果：0.313，可见，500 组随机抽样试点城市的虚假低碳城市试点工作对人口流动的估计系数服从正态分布，均处在垂直虚线左边，说明影响效果均小于真实值，且大部分未通过 10% 水平的显著性检验。由此，可以排除低碳城市建设的人口吸引效应是由未观测到的遗漏变量引起的这一假设，验证了基准回归部分结论的可信度。

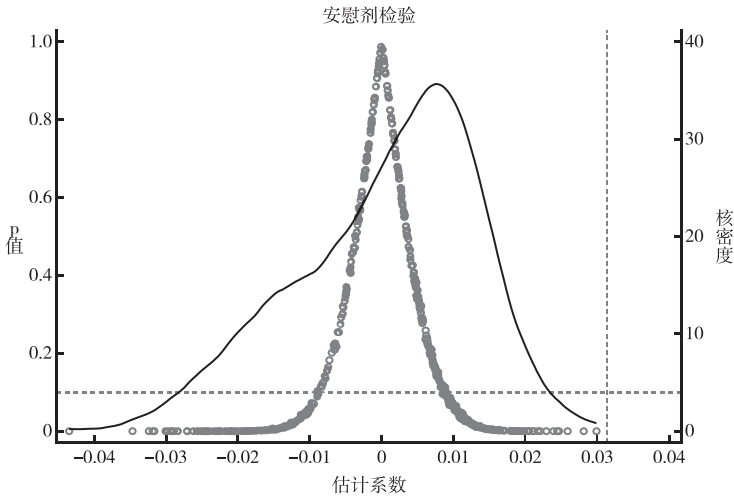


图3 低碳城市建设影响人口流动的个体安慰剂检验结果

资料来源：作者使用 Stata 软件绘制。

(四) 稳健性检验

基准回归结果表明，低碳城市建设的开展显著吸引了人口流入，且在多重反事实检验下结论依然成立，为了排除混淆因素对研究结论的干扰，仍需进行稳健性检验。本文从剔除中心城市样本、剔除极端值、PSM-DID 等多个维度进行分析，以确保估计结果的稳健性。

1. 剔除中心城市

中心城市对人口的吸引力不言而喻，虽然本文在实证部分已经控制了七个重要影响因素，但仍会存在诸如区位优势、身份认同等诱因而使得人们更趋向于迁往中心城市。为了排除中心城市所存在的未知变量干扰，将全样本中的省会城市和4个直辖市剔除之后重新检验低碳城市建设影响人口流动的效应，结果如表5中列①、列②所示，可以看出剔除了中心城市样本之后低碳城市建设的人口吸引效应有所减弱，但依旧在1%的水平下通过了显著性检验。

2. 剔除极端值

为排除统计上的异常值对估计结果的干扰，对被解释变量人口流动的数据进行5%和95%的缩尾处理，使得数据更加稳定与平滑，结果如表5中列③、列④所示，剔除极端值之后估计系数依然显著为正。

3. 单期 DID 检验

为了检验低碳城市建设人口吸引效应的纯政策作用，避免先试点城市可能对后试点城市的示范效应影响，仅以2010年首批低碳试点城市作单期DID检验，见表5中列⑤、列⑥所示，单期DID估计系数依然显著为正，但系数值下降幅度较大，一方面，说明了第一批低碳城市试点工作依然实现了对人口流动的显著吸引效应。另一方面，则表明三批试点工作均产生了人口吸引效应，第一批低碳城市试点工作在其中起到的是部分作用。

4. 控制时间趋势变量

由于被确立为低碳试点的城市，其城市特征在诸多方面与非试点城市有别，随着时间的推移，这些不同的因素会对城市的人口流动情况产生作用，造成估计偏误。为避免本研究中低碳城市试点政策选择非随机性的影响，借鉴宋弘等（2019）的研究，我们在回归模型中加入城市虚拟变量与时间趋势变量的交互项进行控制，结果如表5中列⑦、列⑧所示，可以看到，在引入了时间趋势变量与城市虚拟变量交互项之后，估计结果依然显著，这说明时间趋势的变化不影响本文的研究结论。

表5 剔除中心城市、剔除极端值、单期 DID 检验、控制时间趋势变量稳健性检验结果

变量	剔除中心城市		剔除极端值		单期 DID 检验		控制时间趋势变量	
	①pop	②pop	③pop	④pop	⑤pop	⑥pop	⑦pop	⑧pop
<i>did</i>	0.0265 *** (0.0047)	0.0223 *** (0.0046)	0.0195 *** (0.0025)	0.0170 *** (0.0025)	0.0156 ** (0.0062)	0.0081 (0.0059)	0.0317 *** (0.0062)	0.02677 *** (0.0047)
控制变量	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO
个体效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时间效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时间趋势变量与城市虚拟变量交互项	NO	NO	NO	NO	NO	NO	YES	YES
常数项	1.0664 *** (0.1109)	-0.0515 *** (0.0013)	0.8125 *** (0.0597)	-0.0173 *** (0.0025)	0.8951 *** (0.1168)	0.0104 *** (0.0013)	0.7973 *** (0.1225)	0.02000 *** (0.0038)
观测值	3978	4396	4384	4821	4384	4821	4384	4821

资料来源：作者使用 Stata 软件计算得出，***、** 分别表示在 1%、5% 的水平上显著。

5. PSM-DID 检验

低碳试点城市是综合考虑各申报地区的示范性和代表性等因素后确定的，不是所有申报城市都成了试点城市。由于地理区位、经济发展水平、示范性等因素存在的差异，试点城市样本存在一定的样本自选择问题，造成估计偏差。为此，本文使用倾向得分匹配（PSM）后的 DID 模型进行稳健性检验。PSM-DID 方法常应用于政策效应评估中，用以缓解选择性偏差带来的内生性问题。选取本文前述研究中的控制变量作为匹配变量，采用四种不同的匹配方式，基于 Logit 模型估计倾向得分值，寻找试点城市的配对城市，再使用配对后的样本构建多期双重差分模型。平衡性检验结果表明，两组间并无显著差距，因此，本文使用 PSM-DID 方法是合理的。表 6 汇报了使用倾向得分匹配法处理数据之后进行的多期双重差分法结果，模型①—④分别展示了采取马氏距离匹配法、 $k=2$ 的最近相邻匹配法、半径为四分之一倍倾向得分匹配稳健标准误的卡尺匹配法、核匹配法进行数据匹配后测算的估计结果。结果显示，利用多种匹配方法处理数据之后，低碳城市建设的人口吸引效应依然通过了稳健性检验，虽然系数值和显著性有所降低，但并不影响本文研究结论的稳健性。为确保研究中倾向得分匹配结果的可信度，我们进行协变量的平衡性检验，表 7 汇报了平衡性检验结果，可见在样本进行匹配后，协变量的标准化偏差从 59.0% 下降至 2.4%—7.7%，总偏误明显降低且均小于学界对于平衡性检验要求的 20% 红线标准；伪 R 方由匹配前的 0.179 减少到 0.002—0.013，LR 统计量从匹配前的 698.43 下降至匹配后的 3.89—25.72，均有显著的下降。因此，我们可以认为本文运用倾向得分匹配法降低了试点城市和非试点城市的组间差异，有效消除了样本自选择导致的估计偏误。

表6 倾向得分匹配—多期双重差分法检验结果

变量	①马氏距离匹配法 <i>pop</i>	② $k=2$ 的最近相邻匹配法 <i>pop</i>	③卡尺匹配法 <i>pop</i>	④核匹配法 <i>pop</i>
<i>did</i>	0.0468 * (0.0260)	0.0463 * (0.0263)	0.0462 * (0.0268)	0.0460 * (0.0268)
控制变量	YES	YES	YES	YES
个体效应	YES	YES	YES	YES
时间效应	YES	YES	YES	YES
观测值	4386	4361	4106	4313

资料来源：作者使用 Stata 软件计算得出，* 表示在 10% 的水平上显著。

表 7 倾向得分匹配前后协变量平衡性检验结果

匹配方法	伪 R 方	LR 统计量	标准化偏差 (%)
匹配前	0.179	698.43	59.0
马氏距离匹配	0.013	25.72	7.7
k = 2 的最近相邻匹配	0.002	3.89	2.4
卡尺匹配	0.002	4.42	4.4
核匹配	0.003	5.80	5.7

资料来源：作者使用 Stata 软件计算得出。

五、进一步讨论：城市异质性分析与作用机制检验

（一）异质性的分析

本部分探寻低碳城市建设吸引人口流入的效应异质性，主要从城市是否沿海、城市人口年龄结构、城市是否为资源型城市三方面展开讨论。

1. 城市是否沿海异质性讨论

参考曹广忠等（2021）的研究，我们认为城市是否沿海对人口流动倾向具有较大影响，沿海城市由于其具有的各种先天和后天禀赋优势，如区位优势、经济机会、城市规模、生活品质、环境质量和公共服务等，使得沿海城市通常成为人口流入地，但也存在因人口密度过高、生活负担较重、竞争压力较大等因素对人口产生挤出效应。总而言之，低碳城市建设的人口吸引效应或许在沿海城市与非沿海城市之间存在区位的异质性，基于此，我们将样本划分为沿海城市和非沿海城市，将与海洋之间的直线距离在 50 km 以内的城市定义为沿海城市，其他则划入非沿海城市^①，继续利用式（1）进行效应评估，检验结果如表 8 所示，低碳城市建设对人口流动影响的估计系数在沿海和非沿海城市都显著为正，但沿海城市的估计系数大于非沿海城市，是后者的 5 倍之多，这说明低碳城市建设产生的人口吸引效应在沿海城市发挥的作用更为强烈，比起非沿海城市能在更大程度上提升流动人口的流入意愿。

表 8 低碳城市建设对沿海与非沿海城市人口流动的异质性影响

变量	①沿海城市 <i>pop</i>	②非沿海城市 <i>pop</i>
<i>did</i>	0.1283 *** (0.0325)	0.0251 *** (0.0032)
控制变量	YES	YES
个体效应	YES	YES
时间效应	YES	YES
常数项	-1.8026 (1.0052)	1.0372 *** (0.0746)
观测值	493	3891

资料来源：作者使用 Stata 软件计算得出，*** 表示在 1% 的水平上显著。

① 我国沿海 50 km 以内的地级市和直辖市包括：天津市、北京市、上海市、南京市、杭州市、福州市、广州市、深圳市、海口市、南宁市、厦门市、温州市、宁波市、青岛市、大连市、安阳市、东营市、徐州市、连云港市、威海市、葫芦岛市、泉州市、漳州市、惠州市、汕头市、湛江市、包头市、丹东市、三亚市、珠海市。

2. 城市年龄结构异质性讨论

考虑到城市人口的年龄结构存在差异，城市中不同年龄层次的人群从事的行业、流动的意愿、对政策的敏感度、流动去向的考量因素均存在差异，使得不同人口年龄结构的城市的人口流动对低碳城市建设的反应也会不同。根据全国第七次人口普查数据，以1956年联合国《人口老龄化及其社会经济后果》确定的划分标准为依据^①，可以看出我国已经完全进入老龄化社会，90%以上的城市都属于老年型城市，若以此进行分类则失去了城市间的区分度，掩盖了亚组内的显著差异，基于此，我们参考林琳、马飞（2007）的研究，根据城市65岁及以上人口占总人口比例将所有城市人口年龄结构划分为3类，老年人口比重低于10%定义为老龄化Ⅰ型城市；老年人口比重10%—15%为老龄化Ⅱ型城市；超过15%为老龄化Ⅲ型城市。仍利用式（1）进行效应评估，检验结果如表9所示，不难发现，随着城市老龄化程度的上升，低碳城市建设影响人口流动的估计系数绝对值在逐步减少，在老龄化程度最深的城市类型中估计系数未能通过显著性检验。这说明低碳城市建设产生的人口吸引效应在年龄构成更为年轻的城市中表现得更加突出，更为年轻的群体对低碳城市建设的执行度和敏感度更强。在老龄化程度较重的城市中，低碳城市建设并不能产生吸引人口流入的作用。

表9 低碳城市建设对老龄化Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ型城市人口流动的异质性影响

变量	①老龄化Ⅰ型城市 <i>pop</i>	②老龄化Ⅱ型城市 <i>pop</i>	③老龄化Ⅲ型城市 <i>pop</i>
<i>did</i>	0.1528 ** (0.0479)	0.0289 *** (0.0055)	0.0059 (0.0041)
控制变量	YES	YES	YES
个体效应	YES	YES	YES
时间效应	YES	YES	YES
常数项	2.5602 (1.3042)	1.0101 *** (0.1378)	0.7371 *** (0.0968)
观测值	295	2426	1663

资料来源：作者使用Stata软件计算得出，***、**分别表示在1%、5%的水平上显著。

3. 城市是否为资源型城市异质性讨论

资源型城市的产业结构和经济发展模式往往有别于非资源型城市，资源型城市由于自身自然资源禀赋优势，其经济发展模式通常依赖原材料开采、粗加工等资源相关产业，吸纳了大量的当地劳动力人口。在低碳城市建设的约束下，对相关行业的就业人口产生挤出作用，但从长期来看，低碳城市建设会促进当地生态环境的改善、倒逼产业转型升级，推动就业结构转型，吸引人口净流入。依据这种现实经验，本文认为资源型城市进行低碳城市建设后，其人口流动所受的影响势必不同于非资源型城市，基于此，我们根据《全国资源型城市可持续发展规划（2013—2020年）》对全国资源型城市的确定，将全体城市样本分为资源型城市与非资源型城市进行异质性效应研究，284个城市样本中包含资源型城市113个，非资源型城市171个。检验结果如表10所示，在资源型或非资源型城市中，低碳城市建设都显著吸引了人口流入，但在资源型城市中的估计系数远小于非资源型城市，这表明资源型城市受低碳城市建设的冲击比较大，相比非资源型城市流出了更多的资源型产业从业人口，使得低碳城市建设产生的人口吸引效应在资源型城市发挥的作用远小于非资源型城市。

① 根据1956年联合国《人口老龄化及其社会经济后果》的划分标准，65岁及以上人口比例在4%以下的国家或地区为年轻型社会，4%—7%为成年型社会，超过7%的则为老年型社会。

表 10 低碳城市建设对资源型城市与非资源型城市人口流动的异质性影响

变量	①资源型城市	②非资源型城市
	<i>pop</i>	<i>pop</i>
<i>did</i>	0.0166 *** (0.0038)	0.1401 *** (0.0074)
控制变量	YES	YES
个体效应	YES	YES
时间效应	YES	YES
常数项	1.1668 *** (0.0796)	0.6481 *** (0.1952)
观测值	1718	2666

资料来源：作者使用 Stata 软件计算得出，*** 表示在 1% 的水平上显著。

(二) 机制检验

前文理论机制分析部分我们提到，低碳城市建设的开展可能主要通过产生污染减排效应、技术进步效应以及就业替代效应影响城市的人口流动。因此，本部分进行三项机制检验予以回应，分别为机制检验 I：检验污染减排效应在低碳城市建设吸引人口流入中所起到的作用；机制检验 II：检验技术进步效应在低碳城市建设吸引人口流入中所起到的作用；以及机制检验 III：检验就业替代效应在低碳城市建设吸引人口流入中所起到的作用。

1. 机制检验 I

低碳城市建设吸引人口流入的污染减排机制检验。考虑到人们对环境质量直观感受反应最敏感、最强烈的往往是空气质量（刘欢、席鹏飞，2019），对于环境污染程度（*ep*）我们选择用空气污染程度衡量，即对数化处理后的 $PM_{2.5}$ 值，该数值越高，环境污染越严重。 $PM_{2.5}$ 浓度数据来源于 China High Air Pollutants (CHAP) 中 China High $PM_{2.5}$ 数据集，将月度 $PM_{2.5}$ 值线性加权汇总为中国 284 个地级市 2003 年至 2019 年的年度 $PM_{2.5}$ 。参考环境库兹涅茨曲线以及邹庆（2015）等学者的研究，我们认为环境污染与人口流动的关系并非一定是线性相关，或许存在着曲线关系，基于此，在模型中加入环境污染的二次项（ ep^2 ）以及三次项（ ep^3 ）加以检验。表 11 展示了机制检验 I 的估计结果，列①显示，低碳城市建设在 5% 的显著性水平上降低了环境污染程度，验证了其污染减排作用的有效性。列②显示，在控制了低碳城市建设虚拟变量之后，环境污染对人口流动的系数估计值为 -0.0390，且在 5% 的显著性水平上通过了检验，表明城市环境污染程度的上升造成了人口的流出，验证了低碳城市建设通过产生污染减排效应吸引人口流入这一机制的客观存在。列③汇报了非线性变量对人口流动的估计作用，环境污染指数的三次项对人口流动的影响估计系数显著为负，表明环境污染与人口流动的关系呈现出倒 N 形的趋势，以经济意义解释，则表明城市环境污染程度与人口流动的相关关系表现为“驱赶—吸引—驱赶”的演变过程，也就是说城市环境污染程度的上升造成城市人口流出的整体现象中，存在一个短期阶段，出现了城市环境污染程度的上升与人口流入的共存，这种短期阶段一般是工业化的前中期。

表 11 低碳城市建设影响人口流动的污染减排效应机制检验

变量	① <i>ep</i>	② <i>pop</i>	③ <i>pop</i>
<i>did</i>	-0.0199 ** (0.0995)	0.0304 *** (0.0067)	0.0312 *** (0.0048)
<i>ep</i>	—	-0.0390 ** (0.0077)	-0.3262 * (0.0681)

续表

变量	① <i>ep</i>	② <i>pop</i>	③ <i>pop</i>
ep^2	—	—	0.1136 ** (0.0518)
ep^3	—	—	-0.0121 ** (0.0052)
控制变量	YES	YES	YES
个体效应	YES	YES	YES
时间效应	YES	YES	YES
常数项	5.7391 *** (0.0979)	0.8808 *** (0.1170)	1.1255 *** (0.2186)
观测值	4388	4384	4384

资料来源：作者使用 Stata 软件计算得出，***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平上显著。

2. 机制检验 II

低碳城市建设吸引人口流入的技术进步机制检验。因为低碳城市建设的实施通常要求企业使用更清洁、节能的生产工艺和技术，主要指向促使企业扩大对绿色生产技术研发的投入，所以我们选择地区当年获得的绿色发明专利数作为技术进步 (*ta*) 这一机制变量的代理变量，数据来源于国家知识产权局公布的数据。表 12 展示了机制检验 II 的检验结果，列①展示了低碳城市建设对技术进步的影响，*did* 对 *ta* 的影响估计系数为正但并未通过显著性检验，表明低碳城市建设的推动未能有效促进城市的技术进步，这说明，低碳城市建设对企业生产造成的成本挤占效应较大，压力效应和补偿效应带来的技术进步推动作用并未明显地超越挤占效应对技术进步的抑制作用。列②显示，控制了低碳城市建设虚拟变量之后的技术进步对人口流动的影响显著为正，表明技术进步对人口流动确实存在吸引作用。综上所述，机制检验 II 的结果表明，技术进步对人口流动存在显著的吸引力，在城市吸引人口流入的过程发挥了正向作用，但这种作用并不是由低碳城市建设带来的。

表 12 低碳城市建设的技术进步效应机制检验

变量	① <i>ta</i>	② <i>pop</i>
<i>did</i>	0.0213 (0.0537)	0.0311 *** (0.0830)
<i>ta</i>	—	0.0067 ** (0.0033)
控制变量	YES	YES
个体效应	YES	YES
时间效应	YES	YES
常数项	-1.1908 (1.1887)	0.6632 *** (0.1842)
观测值	4206	4203

资料来源：作者使用 Stata 软件计算得出，***、** 分别表示在 1%、5% 的水平上显著。

3. 机制检验 III

低碳城市建设吸引人口流入的就业替代效应机制检验。根据《中国上市公司碳排放排行榜

(2022)》公布的数据，碳排放量最高的行业为电力、水泥、钢铁行业，这三个行业的碳排放强度远超其他行业，占据了总排放量的75%，商业、金融业、公共管理和社会组织业等众多服务行业碳排放强度较低。因此，为简化研究过程，我们近似地将第二产业视为污染密集型产业，将第三产业视为环境友好型产业，以2003年至2019年城市层面的第三产业从业人员比重减去第二产业从业人员比重作为就业替代的代理变量 (ts)。同时，我们认为这种就业替代效应对于当地人口的冲击作用与吸引作用或许在短期和长期中表现不同，故研究加入就业替代的二次项 (ts^2) 以验证猜想，数据来源于《中国城市统计年鉴》及各省统计年鉴。检验结果如表13所示，列①展示了低碳城市建设对就业替代的影响，结果表明低碳城市建设的实施有效产生了就业替代效应，使得劳动力人口从污染密集型行业转移至环境友好型行业。列②的结果显示，就业替代效应对人口流动的影响在1%的水平下显著为正，表明低碳城市建设在产生驱赶“三高”行业劳动人口、吸引环境友好行业劳动人口两种效应的共同作用下，最终实现了城市的人口流入，揭示了低碳城市建设吸引人口流入的就业替代效应的存在。在列③中我们加入了就业替代效应的二次项，结果表明，就业替代效应与人口流动呈现出显著的U形关系，即这种就业替代效应在初期主要表现为对“三高”行业人口的冲击作用，使得部分人口被驱赶转移，在此之后对人口的吸引效应逐渐凸显并最终超过了冲击作用，总体结果表现为显著吸引了人口流入。

表13 低碳城市建设的就业替代效应机制检验

变量	① ts	② pop	③ pop
did	0.0207 *** (0.0066)	0.0305 *** (0.0049)	0.0311 *** (0.0048)
ts	—	0.0369 *** (0.0116)	0.0285 *** (0.0117)
ts^2	—	—	0.0695 *** (0.0225)
控制变量	YES	YES	YES
个体效应	YES	YES	YES
时间效应	YES	YES	YES
常数项	1.8452 *** (0.1587)	0.8046 *** (0.1184)	0.7751 *** (0.1186)
观测值	4388	4384	4384

资料来源：作者使用 Stata 软件计算得出，*** 表示在 1% 的水平上显著。

六、主要结论与政策启示

进入新时代以来，“流动中国”的时代特征越鲜明，人口对经济发展的重要意义越发凸显，各地政府纷纷出台力度空前的新政策吸引人口落户。低碳城市建设是我国为应对全球气候变化，满足绿色低碳发展的时代需求采取的重要举措，是改善环境质量、吸引人口流入的重要路径，本文聚焦我国低碳城市建设与人口流动的关系研究，搭建了低碳城市建设影响人口流动的理论分析框架，基于我国284个地级市2003年至2019年城市层面的数据事实，构建多期双重差分模型实证研究了我国低碳城市建设影响城市层面人口流动的效应、异质性表现和作用机制，研究结果显示：基准回归结果方面，低碳城市建设在城市层面显著吸引了人口流动，与对照组城市相比，低碳城市建设增加了实验组城市3.13%的人口流入，且该结论在充分考虑样本内生性问题、样本自选择问题、遗漏

变量问题、数据偏误问题及时间趋势影响等多维度、多层次的检验下依旧稳健；异质性检验方面，研究发现低碳城市建设产生的人口吸引效应在沿海城市、老龄化 I 型城市和非资源型城市中表现作用更为突出，而这种效应在非沿海城市、老龄化程度较重城市和资源型城市中有所减弱或不显著；机制检验方面，以环境污染指数、技术进步指数和就业替代率作为机制变量的中介模型检验结果显示，污染减排效应和就业替代效应是低碳城市建设吸引人口流入的重要传导路径，而技术进步效应不构成其中的机制路径。环境污染程度与人口流动呈现出明显的倒 N 形关系，就业替代效应与人口流动呈现出显著的 U 形关系。有鉴于此，本文提出三点政策启示。

第一，充分推广低碳城市建设成功经验。本研究表明低碳城市建设有利于助推城市吸引人口流入，是新时代实现生态环境保护和吸引人口流入“双重红利”的关键举措，相关政府部门可将借鉴和推广已有的成功经验、典型案例与充分调动地方积极性结合起来，鼓励不同地理区位、资源禀赋的城市探索适合自身实际的低碳城市建设路径，同时加大对低碳城市建设的支持力度，以此推进以人为核心的新型城镇化。

第二，制定科学有效的技术进步补偿政策。本研究显示我国低碳城市建设未能明显地促进城市技术进步，这说明低碳城市建设对企业研发成本产生的挤占效应比较突出，而应发挥的压力效应和补偿效应仍不够。因此，应当充分激发低碳城市建设对技术进步的诱发作用，制定科学有效的创新补偿政策。一方面，加大对创新财政支持、产业引导基金、绿色金融政策的投入以此提升对企业技术进步的经济激励和引导作用，充分激活市场主体的技术进步积极性。另一方面，加强对技术进步成果的评估，将技术进步纳入政策考核和政策扶持的评价标准体系，并依托市场主体作用识别出对社会绿色经济发展更有价值的技术进步成果，推动低碳城市建设对技术进步产生积极影响，充分发挥技术进步在吸引人口流入中的关键效应。

第三，根据城市异质性实行差异化的低碳城市建设方略。低碳城市建设产生的人口吸引效应在不同禀赋类型的城市中存在异质性。因此，在推进低碳城市建设时，不应采取“一刀切”建设策略，应充分考虑城市的异质性，譬如，在资源型城市开展低碳城市建设应采用更柔性的政策思路，以免对当地经济运行造成过大冲击。应根据城市自身的不同特征有针对性地提出低碳城市建设方略，积极鼓励和引导不同的社会主体响应低碳城市建设号召，因地制宜地制定建设政策与执行标准，从而达到低碳城市建设与吸引人口流入的“双赢”局面。

参考文献

- 曹广忠、陈思创、刘涛（2021）：《中国五大城市群人口流入的空间模式及变动趋势》，《地理学报》第6期，第1334—1349页。
- 陈媛媛（2011）：《行业环境管制对就业影响的经验研究：基于25个工业行业的实证分析》，《当代经济科学》第3期，第67—73页、第126页。
- 邓国营、冯倩（2020）：《住房价格对我国人口流动的影响》，《财经科学》第2期，第66—78页。
- 杜龙政、赵云辉、陶克涛等（2019）：《环境规制、治理转型对绿色竞争力提升的复合效应——基于中国工业的经验证据》，《经济研究》第10期，第106—120页。
- 高波、陈健、邹琳华（2012）：《区域房价差异、劳动力流动与产业升级》，《经济研究》第1期，第66—79页。
- 李拓、李斌（2015）：《中国跨地区人口流动的影响因素——基于286个城市面板数据的空间计量检验》，《中国人口科学》第2期，第73—83页、第127页。
- 李尧（2022）：《为子女教育而参保——随迁子女入学门槛对流动人口社保参保行为的影响》，《财经研究》第11期，第109—123页。
- 林琳、马飞（2007）：《广州市人口老龄化的空间分布及趋势》，《地理研究》第5期，第1043—1054页。
- 刘欢、席鹏辉（2019）：《中国存在环境移民吗？——来自空气质量指数测算改革的自然实验》，《经济学动态》第12期，第38—54页。
- 刘娟、刘梦洁（2023）：《低碳转型影响企业对外直接投资了吗——来自中国低碳试点城市的经验证据》，《国

际贸易问题》第3期，第53—70页。

马志飞、尹上岗、张宇等（2019）：《中国城城流动人口的空间分布、流动规律及其形成机制》，《地理研究》第4期，第926—936页。

秦炳涛、杨坤、葛力铭（2023）：《以“绿”待劳：环境规制与重污染企业就业——基于生产全过程绿色技术创新的视角》，《中国环境科学》第3期，第1449—1459页。

任远、乔楠（2010）：《城市流动人口社会融合的过程、测量及影响因素》，《人口研究》第2期，第11—20页。

沙文兵、彭徐彬（2023）：《低碳经济转型与企业出口产品质量：基于低碳城市试点的准自然实验》，《世界经济研究》第4期，第103—118页、第136页。

宋弘、孙雅洁、陈登科（2019）：《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》，《管理世界》第6期，第95—108页、第195页。

孙玉阳、唐嘉懿（2022）：《碳排放规制对就业影响研究——基于省级面板数据的分析》，《工业技术经济》第3期，第80—86页。

田淑英、夏梦丽、许文立（2022）：《低碳经济下的企业绩效及其信贷约束——基于“低碳城市”试点政策的准自然实验分析》，《财经论丛》第10期，第49—58页。

王展祥、叶宇平（2023）：《低碳城市试点政策对地方政府重污染行业土地出让的影响》，《中国人口·资源与环境》第3期，第125—136页。

温忠麟、张雷、侯杰泰等（2004）：《中介效应检验程序及其应用》，《心理学报》第5期，第614—620页。

文雯、王奇（2017）：《城市人口规模与环境污染之间的关系——基于中国285个城市面板数据的分析》，《城市问题》第9期，第32—38页。

肖挺（2016）：《环境质量是劳动人口流动的主导因素吗？——“逃离北上广”现象的一种解读》，《经济评论》第2期，第3—17页。

熊广勤、石大千、李美娜（2020）：《低碳城市试点对企业绿色技术创新的影响》，《科研管理》第12期，第93—102页。

熊俊、谭洪波、孙新章（2022）：《中国环境规制的就业效应研究——基于企业层面的微观影响分析》，《价格理论与实践》第9期，第93—96页、第205页。

杨晓军（2019）：《城市环境质量对人口流迁的影响——基于中国237个城市的面板数据的分析》，《城市问题》第3期，第23—31页。

张华（2020）：《低碳城市试点政策能够降低碳排放吗？——来自准自然实验的证据》，《经济管理》第6期，第25—41页。

张翼（2011）：《“进城落户”意愿与中国近期城镇化道路的选择》，《中国人口科学》第2期，第4—26页、第111页。

张跃胜、张少鹏、王晓红（2022）：《“双碳”目标下低碳城市建设对城市高质量发展的影响——基于低碳城市试点政策的准自然实验》，《西安交通大学学报（社会科学版）》第5期，第39—48页。

邹庆（2015）：《基于面板门限回归的中国碳排放EKC研究》，《中国经济问题》第4期，第86—99页。

Banzhaf, H. S. and R. P. Walsh (2008), “Do People Vote with Their Feet? An Empirical Test of Tiebout?”, *American Economic Review*, 98 (3), pp. 43 – 63.

Beck, T., R. Levine and A. Levkov (2010), “Big Bad Banks? The Winners and Losers from Bank Deregulation in the United States”, *Journal of Finance*, 65 (5), pp. 1637 – 1667.

Berman, E. and L. T. Bui (2001), “Environmental Regulation and Labor Demand: Evidence from the South Coast Air Basin”, *Journal of Public Economics*, 79 (2), pp. 265 – 295.

Cai, X., Y. Lu and M. Wu (2016), “Does Environmental Regulation Drive away Inbound Foreign Direct Investment? Evidence from a Quasi-Natural Experiment in China”, *Journal of Development Economics*, 123, pp. 73 – 85.

Copeland, B. R. and M. S. Taylor (1994), “North-South Trade and the Environment”, *The Quarterly Journal of Economics*, 109 (3), pp. 755 – 787.

Gray, W. B. (1987), “The Cost of Regulation: OSHA, EPA and the Productivity Slowdown”, *American Economic Review*, 77, pp. 998 – 1006.

Jacobson, L. S., R. J. LaLonde and D. G. Sullivan (1993), “Earnings Losses of Displaced Workers”, *American*

Economic Review, 83 (4), pp. 685 – 709.

Krugman, P. R. (1991), “Increasing Returns and Economic Geography”, *Journal of Political Economy*, 99, pp. 483 – 499.

Lewis, W. A. (1954), “Economic Development with Unlimited Supplies of Labour”, *The Manchester School*, 22 (2), pp. 139 – 191.

Porter, M. E. and V. D. C. Linde (1995), “Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship”, *Journal of Economic Perspectives*, 9 (4), pp. 97 – 118.

Raff, Z. and D. Earnhart (2019), “The Effects of Clean Water Act Enforcement on Environmental Employment”, *Resource and Energy Economics*, 57, pp. 1 – 17.

Ravenstein, E. G. (1889), “The Laws of Migration”, *Journal of the Royal Statistical Society*, 2, pp. 241 – 305.

Can Low Carbon City Building Significantly Attract Population Inflow? —Empirical Evidence from China’s Low Carbon City Pilot Efforts

HE Xiong-lang, LI Nan-xin

(Southwestern Minzu University, Chengdu 610225, China)

Abstract: Low-carbon city construction is an important initiative to promote human-centered new urbanization in China in the new era. On the basis of explaining the theoretical mechanism, this paper constructs a multi-period double-difference model to empirically test the specific impact of low-carbon city construction on population mobility, using real-world evidence of China’s 284 prefectural-level cities in the period 2003 – 2019. The results of the study show that: low-carbon city construction in general produces a significant population attraction effect, and the conclusion remains robust after the multi-dimensional test; on the analysis of heterogeneity, the population attraction effect produced by low-carbon city construction is more prominent in coastal cities, lighter and non-resource cities; the results of the test of the mechanism of action show that the pollution abatement effect and the employment substitution effect are the important realization paths of the population inflow attracted by the construction of low-carbon cities, and the pollution abatement effect and the employment substitution effect are the important realization paths of the population inflow attracted by the construction of low-carbon cities. The results of the mechanism test show that the pollution reduction effect and employment substitution effect are important realization paths of low-carbon city construction to attract population inflow, and the pollution reduction effect has an inverted N-shape relationship with population flow, the employment substitution effect has a U-shape relationship with population flow; this study evaluates the population attraction effect generated by low-carbon city construction from the pilot low-carbon city policy, which provides a useful reference to further explore the construction strategy of low-carbon cities.

Key Words: population mobility; low carbon city construction; low carbon city pilot work; multi-period double difference model

责任编辑: 周枕戈