

低碳转型会加剧技能溢价吗？

——来自低碳城市试点政策的经验证据

梁 栋 刘 宇 陈博洋 张 硕*

摘要：“双碳”背景下,绿色低碳转型将持续推动经济社会系统性变革,劳动力工资差距也将在变革中不断发生深刻变化。本文基于2007—2020年284个地级市的面板数据测算了能够刻画城市工资差距的技能溢价变量,并以低碳城市试点政策作为准自然实验,通过渐进双重差分模型实证检验了试点政策对城市技能溢价的影响。研究发现,低碳城市试点政策会显著降低技能溢价,这一结论在进行处理效应异质性、平行趋势、安慰剂等检验后仍成立。机制分析表明,试点政策通过需求侧的技能偏向型技术进步机制加剧了技能溢价,供给侧的劳动力技能结构升级机制则对技能溢价表现为抑制作用。进一步研究发现,试点政策对技能溢价的影响在不同区域、不同资源禀赋、不同工业基础及高低劳动力技能的城市中存在显著差异。本文的研究为低碳转型进程中缩小收入差距、实现共同富裕提供了有益的经验启示。

关键词：低碳城市试点政策;技能溢价;技能偏向型技术进步;劳动力技能结构升级;渐进双重差分

中图分类号：F244;F062.2

一、引言

人类活动造成的全球气候变暖已成为影响世界各国发展的重要环境问题。作为世界最大的碳排放国,中国始终高度重视并以最大努力应对气候变化。2020年9月,国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上作出“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和”的气候承诺。为实现“双碳”目标,我国相继发布了《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》和《国务院

*梁栋,中国农业大学经济管理学院,邮政编码:100083,电子信箱:liangdong_edu@126.com;刘宇(通讯作者),北京大学城市与环境学院、北京大学碳中和研究院,邮政编码:100871,电子信箱:yu.liu@pku.edu.cn;陈博洋,中国农业大学经济管理学院,邮政编码:100083,电子信箱:chenboyang2018@163.com;张硕,中国农业大学经济管理学院,邮政编码:100083,电子信箱:zhangshuo21@126.com。

本文得到国家自然科学基金杰出青年科学基金项目“能源环境管理与政策分析”(72125010)、国家自然科学基金专项项目“支撑国家双碳战略的政策建模与策略研究”(72243011)、国家自然科学基金面上项目“能源效率内生对碳市场价格波动的影响机理和路径研究——基于动态技术进步CGE模型”(71974186)、北京大学中央高校基本科研业务费的资助。作者感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,文责自负。

关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知》(国发〔2021〕23 号),对碳达峰碳中和工作作出顶层设计和系统谋划。毫无疑问,随着“双碳”目标的深入推进,中国将加快经济社会的低碳转型。

实现低碳转型是一场深刻的经济社会系统性变革,低碳转型的深入推进必将改变我国长期以来高耗能、高排放的生产模式,加快形成绿色低碳循环发展的经济体系。伴随着这一转型,各行各业劳动力将不断面临就业的竞争、调整和淘汰,劳动力供需结构将发生深刻变化,劳动力间的工资差距也将发生显著变动。与此同时,随着我国经济的快速发展,我国不平衡不充分发展的问题愈发突出,收入分配差距仍然较大(郭凯明等,2020)。作为共同富裕的首要内涵,缩小收入差距以促进收入平等分配对实现共同富裕具有重大意义(张来明、李建伟,2021)。很显然,造成当前中国收入差距变化的最直接原因是劳动力间的工资差距发生显著变化,而其中最重要的原因是劳动力市场技能溢价,亦即高技能和低技能劳动力的工资差距在持续扩大(郭凯明等,2020;宋冬林等,2010;卢晶亮,2017)。因此,经济社会的低碳转型是否会加剧城市劳动力技能溢价成为一个亟需回答的问题,探究低碳转型对技能溢价的影响效应及其影响机制对转型过程中缩小收入差距、实现共同富裕具有十分重要的理论和现实意义。

作为人类活动的主要集聚地,城市已成为碳减排主战场。为有效减少温室气体排放,国家发展和改革委员会 2010 年开展了第一批低碳省区和低碳城市试点工作,随后于 2012 年、2017 年开展了第二和第三批试点工作。作为一项综合性环境规制政策,低碳城市试点政策的推行行为评估低碳转型对经济、环境和社会的影响提供了独特的“准自然试验”(王锋、葛星,2022;高云虹、王文铎,2023)。基于此,本文从低碳试点城市出发,深入探究低碳城市试点政策对城市技能溢价的影响,以期协调经济社会低碳转型和缩小收入差距提供有益的经验启示。

二、文献回顾

与本文密切相关的研究主要分为两个方面:第一,环境规制对收入分配差距的影响研究;第二,低碳城市试点政策各方面的政策效应评估。关于环境规制对收入分配差距的影响,当前研究并未得到统一结论,部分学者认为环境规制扩大了收入差距。如 Qin 等(2021)表明严格的环境规制会抑制工资增长,进一步扩大熟练和非熟练劳动力之间的收入差距。Spinesi(2022)研究发现环境税的提高会导致技能与低技能劳动力间的收入不平等加剧。刘荣增和何春(2021)基于省级面板数据的研究表明环境规制加剧了城镇居民收入不平等。秦明和齐晔(2019)以省级污染物减排目标表征环境规制,利用城镇住户调查数据的实证分析得到了相似结论。也有部分研究表明环境规制能够缩小收入差距。如陶爱萍等(2022)从技能溢价角度探究了环境规制对收入差距的影响,结果表明环境规制与技能溢价之间呈“U”型关系,且现阶段我国的环境规制降低了技能溢价水平。Ee 等(2018)表明环境污染税在长期中会缩小技能与低技能劳动力间的工资差距。Yang 和 Tang(2023)则以中国环境保护税法改革为准自然实验,发现环境税改革有助于降低企业内部工资不平等。

关于低碳城市试点政策的政策效应评估,学者主要从环境、经济和社会三个方面对其进行探讨。环境效应方面,大多学者聚焦低碳城市试点政策对绿色效率的影响。如郭沛和梁栋(2022)、Yu 和 Zhang(2021)运用双重差分模型的研究发现低碳试点政策显著提高了城市

碳排放效率。Song 等(2020)、张兵兵等(2021)以及王亚飞和陶文清(2021)运用类似方法的研究表明,低碳城市试点政策提升了城市生态效率、全要素能源效率及绿色全要素生产率。也有学者关注到低碳城市试点政策对遏制污染物排放方面的效果。如王华星和石大千(2019)发现低碳城市建设能够显著降低城市雾霾污染。Yang 等(2023)表明低碳城市试点政策会通过提高企业科技创新能力,推动其污染物排放下降。经济效应方面,现有文献从多个层面对低碳试点城市建设成效进行了有益探究。Cheng 等(2019)发现低碳试点城市建设促进了区域经济增长。陈启斐和钱非非(2020)认为低碳城市试点政策提高了我国生产性服务业比重。Zheng 等(2021)表明低碳试点城市建设能够促进产业结构升级。龚梦琪等(2019)发现低碳试点政策提高了外商直接投资。张红凤和李睿(2022)则表明低碳试点政策降低了高污染工业企业绩效。对于低碳试点政策的社会效应,当前学者并未进行广泛关注。王贞洁和王惠(2022)基于上市公司的数据认为低碳城市试点政策能够同时促进企业全要素生产率与可持续发展表现。王锋和葛星(2022)则采用渐进双重差分模型,研究表明低碳城市试点政策通过产出和要素替代效应促进了企业就业。

通过梳理文献,已有成果为本文的研究奠定了一定的基础,但相关研究领域仍需要拓展:第一,当前有关环境规制对收入差距影响的研究主要聚焦在省级层面,较少涉及城市层面,而城市是居民生活的主体,从城市层面进行研究一方面能更好地考察当前我国居民收入分配差距状况,另一方面能够针对地方政府缩小本区域收入差距提供较为具体的政策建议。此外,当前研究较少对环境规制影响收入差距的机制进行深入探讨,且已有研究主要从需求侧角度进行分析,对环境规制影响收入差距的内在逻辑揭示不足。第二,现有对于低碳城市试点政策的政策效应评估多集中在环境与经济方面,较少涉及试点政策的社会效应,更未有学者对试点政策与技能溢价的关系进行探究。而作为引起收入分配差距变化的重要原因,技能溢价对促进收入平等分配至关重要。基于以上局限,本文研究了低碳城市试点政策对城市技能溢价的影响及其内在机制。

本文可能的创新点在于:第一,从低碳城市试点政策的视角切入,探讨了低碳转型对技能溢价的影响,这在一定程度上拓宽了试点政策的研究范围,为全面评估并改善试点政策的政策效应提供了依据。同时,本文立足于不同区域、不同资源禀赋、不同工业基础、高低劳动力技能城市中存在的显著差异,检验了试点政策对不同城市技能溢价影响的异质性,为地方政府缩小本地区收入差距提供了一定的政策建议。第二,基于 CES 生产函数推导,从需求侧的技能偏向型技术进步和供给侧的劳动力技能结构升级两个角度深入探析了试点政策对技能溢价影响的理论机制,并通过实证分析充分验证了技能偏向型技术进步和劳动力技能结构升级两个机制的存在性,为进一步完善低碳城市试点政策、促进收入平等分配提供了一定的理论依据。

三、理论分析与研究假设

研究低碳城市试点政策对城市技能溢价的影响,首先需要对技能溢价的影响因素进行探究。技能溢价来源于劳动力市场上低技能劳动力和技能劳动力供需结构的分化。由于技能劳动力具有可以从事复杂工作的特征,其相对于低技能劳动力具有更高的稀缺性和不可替代性,这决定了技能劳动力的工资会显著高于低技能劳动力,两者之间的工资差距即为技能溢价。由此,本文将劳动力划分为技能劳动力与低技能劳动力,并将其纳入一般生产函

数,分析技能溢价的决定因素。

生产函数一般形式表示为:

$$Q = f(A, K, L) \quad (1)$$

(1)式中: K 、 L 分别表示资本与劳动。考虑到不同要素之间的替代弹性及技术进步的偏向型,本文借鉴余东华和孙婷(2017),选择 CES 生产函数对技能溢价的影响因素进行分析,具体模型构造如下:

$$Q = A [\alpha (A_K K)^\rho + (1 - \alpha) (A_L L)^\rho]^\frac{1}{\rho} \quad (2)$$

(2)式中: A 、 A_K 、 A_L 分别表示中性、资本增强型和劳动增强型技术进步, α 是资本要素在生产中的分配参数, $\sigma = \frac{1}{1-\rho}$ 表示资本和劳动的替代弹性, $0 < \alpha, \rho < 1$ 。将劳动力 L 分为高技能劳动力 T 与低技能劳动力 F ,假设高技能劳动力与低技能劳动力的替代弹性不变,对高技能劳动力与低技能劳动力的选择仍采用 CES 函数形式,则:

$$L = [\beta (A_T T)^\gamma + (1 - \beta) (A_F F)^\gamma]^\frac{1}{\gamma} \quad (3)$$

(3)式中: β 表示高技能劳动份额, A_T 、 A_F 分别表示高技能和低技能劳动的技术进步参数, $\varepsilon = \frac{1}{1-\gamma}$ 表示高技能劳动力与低技能劳动力间的替代弹性, $0 < \beta, \gamma < 1$ 。将 L 的决定式代入上述生产函数,得到嵌套的 CES 生产函数:

$$Q = A \{ \alpha (A_K K)^\rho + A_L^\rho (1 - \alpha) [\beta (A_T T)^\gamma + (1 - \beta) (A_F F)^\gamma]^\frac{\rho}{\gamma} \}^\frac{1}{\rho} \quad (4)$$

为简化模型,令 $C = \beta (A_T T)^\gamma + (1 - \beta) (A_F F)^\gamma$, $D = \alpha (A_K K)^\rho + A_L^\rho (1 - \alpha) C^\frac{\rho}{\gamma}$ 。假设企业处于完全竞争市场,劳动要素的报酬等于其边际产出,因此可得:

$$W^T = \frac{\partial Q}{\partial T} = A \frac{1}{\rho} D^\frac{1-\rho}{\rho} A_L^\rho (1 - \alpha) \frac{\rho}{\gamma} C^\frac{\rho-\gamma}{\gamma} \beta A_T^\gamma \gamma T^{\gamma-1} \quad (5)$$

$$W^F = \frac{\partial Q}{\partial F} = A \frac{1}{\rho} D^\frac{1-\rho}{\rho} A_L^\rho (1 - \alpha) \frac{\rho}{\gamma} C^\frac{\rho-\gamma}{\gamma} (1 - \beta) A_F^\gamma \gamma F^{\gamma-1} \quad (6)$$

(5)、(6)式中: W^T 表示高技能劳动力的工资, W^F 表示低技能劳动力的工资,技能溢价 W 即为高技能劳动力工资 W^T 与低技能劳动力工资 W^F 之比:

$$W = \frac{W^T}{W^F} = \frac{\beta A_T^\gamma \gamma T^{\gamma-1}}{(1 - \beta) A_F^\gamma \gamma F^{\gamma-1}} = \frac{\beta}{1 - \beta} \left(\frac{A_T}{A_F} \right)^\gamma \left(\frac{T}{F} \right)^{\gamma-1} \quad (7)$$

鉴于低碳城市试点政策是一种综合性的环境规制政策,试点政策的实施将改变劳动力供需结构及劳动力间的工资差距,本文将试点政策的实施看作一项外生冲击,并使用 LCP 表示试点政策, φ_T 表示政策对高技能劳动力工资的边际影响, μ_T 表示其他因素对高技能劳动力工资的影响,继而可得 $W^T = \mu_T + \varphi_T LCP$ 。同理,用 φ_F 表示政策对低技能劳动力工资的边际影响, μ_F 表示其他因素对低技能劳动力工资的影响,则 $W^F = \mu_F + \varphi_F LCP$,因此可得:

$$W = \frac{W^T}{W^F} = \frac{\mu_T + \varphi_T LCP}{\mu_F + \varphi_F LCP} = \frac{\beta}{1 - \beta} \left(\frac{A_T}{A_F} \right)^\gamma \left(\frac{T}{F} \right)^{\gamma-1} \quad (8)$$

对(8)式等号左右两边取对数,得:

$$\ln W = \ln \left(\frac{\mu_T + \varphi_T LCP}{\mu_F + \varphi_F LCP} \right) = \ln \left(\frac{\beta}{1 - \beta} \right) + \gamma \ln \left(\frac{A_T}{A_F} \right) - (1 - \gamma) \ln \left(\frac{T}{F} \right) \quad (9)$$

(9)式左右两边对 LCP 求导,可得:

$$\frac{d \ln W}{d LCP} = \frac{\gamma d \ln \left(\frac{A_T}{A_F} \right)}{d LCP} - \frac{(1 - \gamma) d \ln \left(\frac{T}{F} \right)}{d LCP} \quad (10)$$

令 $\delta = \frac{A_T}{A_F}$, 则 δ 表示高技能劳动和低技能劳动的相对技术进步, 即技能偏向型技术进步,

$\frac{T}{F}$ 则表示劳动力技能结构。由(10)式可知, 低碳城市试点政策会通过技能偏向型技术进步与劳动力技能结构升级影响技能溢价。值得注意的是, 已有的影响收入差距的因素通常还有金融发展、经济发展及教育水平等, 而考虑到低碳转型特别是低碳城市试点政策作为环境规制政策并不会直接影响到以上因素, 同时文章后续实证分析已尽可能控制了以上因素对技能溢价的影响。因此, 本文综合以上分析及模型推导, 最终选择了技能偏向型技术和劳动力技能结构两个低碳城市试点政策影响技能溢价的渠道。另外, 从(10)式来看, 技能偏向型技术进步对技能溢价的影响为正, 这是因为技能偏向型技术进步的提升会催生巨大的技能劳动力需求, 使得高技能劳动力工资相对于低技能劳动力进一步提升, 从而加剧技能溢价; 劳动力技能结构升级对技能溢价的影响则为负, 显而易见, 劳动力技能结构升级意味着高技能劳动力供给相对增多, 会导致高技能劳动力工资相对降低, 技能溢价下降。由此, 技能偏向型技术进步和劳动力技能结构升级对技能溢价的总影响取决于其各自效应的方向及大小。

而低碳城市试点政策对技能偏向型技术进步和劳动力技能结构升级会产生什么影响呢? 从试点政策的作用路径看, 试点城市实施的政策工具包括命令控制型、市场激励型、公众自愿型三种(徐佳、崔静波, 2020)。通过这三种政策工具的作用, 低碳试点政策将会影响试点城市技能偏向型技术进步与劳动力技能结构升级。因此, 本文接下来将基于低碳城市试点政策的三种政策工具, 从需求侧的技能偏向型技术进步渠道和供给侧的劳动力技能结构升级渠道, 分析试点政策影响技能溢价的机制。

(一) 需求侧——技能偏向型技术进步渠道

作为一种综合性的环境规制政策, 低碳城市试点政策对试点城市企业技能偏向型技术进步的影响存在“遵循成本效应”和“创新补偿效应”。从“遵循成本效应”看, 严格的排放标准等命令控制型政策的实施会加大企业的排污和治污成本, 加重企业生产负担, 这就会使得企业将本用于科技研发的资金和资源转而投向污染防治。而企业进行污染防治的手段一般为采用已有的清洁生产设备和治污设备, 此时, 企业使用技能劳动力的经济效益会低于使用低技能劳动力的经济效益, 致使企业的技能偏向型技术进步降低, 对技能劳动力的需求会相对下降。而从“创新补偿效应”看, 补贴、税收等市场激励政策的实施会使得治污成本内部化, 降低企业创新风险并缓解企业创新时面临的资金约束, 从而会促进企业进行技术创新, 促使企业进一步加大科技研发力度, 以提高生产工艺和采用清洁生产技术来节约能源、降低污染并提高产量。对企业而言, 生产工艺和生产技术的提高会使得与之相匹配的技能劳动力的生产率高于低技能劳动力的生产率, 此时, 企业会产生技能偏向型技术进步, 对技能劳动力的需求也会相对提高。因此, 基于“遵循成本效应”, 试点城市会降低技能偏向型技术进步, 基于“创新补偿效应”, 试点城市会提高技能偏向型技术进步, 试点政策对试点城市企业

技能偏向型技术进步的影响便取决于“遵循成本效应”和“创新补偿效应”的大小。而对于技能偏向型技术进步对技能溢价的影响,上文已分析出其将加剧技能溢价,这一结论也得到了众多文献的支持(余东华、孙婷,2017;杨飞,2017;李惠娟等,2021)。综上,本文提出:

假设 1a:基于“遵循成本效应”,低碳城市试点政策会降低技能偏向型技术进步并降低技能溢价。

假设 1b:基于“创新补偿效应”,低碳城市试点政策将提高技能偏向型技术进步并加剧技能溢价。

(二) 供给侧——劳动力技能结构升级渠道

已有研究较少涉及环境政策在劳动力供给方面对就业造成的影响,而本文通过梳理各地区低碳城市试点政策,发现试点城市政府在政策之初就会考虑本地区未来低碳转型所引致的对低碳技能偏向型技术进步及技能劳动力的巨大需求,并主动采取措施从劳动力供给方面改善其劳动力结构。具体来说,低碳城市试点政策会通过直接和间接两个层面共同提高劳动力技能结构。从直接影响看,低碳城市试点政策在实施之初,政策规划就指出未来我国应超前安排低碳发展的人才教育,培养一批适应低碳发展的复合型人才、高端人才和专门技术人才,并加强培养掌握先进技术的科技人才。而在试点政策的实施过程中,各试点城市政府为促进本地区低碳转型,会主动采取措施培养低碳技能人才(王亚飞、陶文清,2021)。如晋城市发布《晋城市低碳城市试点工作实施方案》,明确指出要设立市级低碳技术研究财政专项,支持低碳试点相关科研项目,积极吸引国内外的高端人才、科研机构,聚集和培养优秀低碳技能人才,并拟计划培养低碳技能人才 10 万人次^①。因此,低碳城市试点政策的实施会直接提高技能人才供给。而从间接影响看,一方面,在低碳城市试点政策的命令控制和市场激励的政策作用下,试点城市会通过采取建立低碳研究中心等方式,提高本区域低碳能力建设水平(庄贵阳,2020)。例如,低碳试点政策实施以来,镇江市首创了低碳城市建设管理云平台;深圳市成立碳交易监管办公室等。从以上举措来看,其不仅有助于增强低碳发展能力并有效传播低碳理念,同时也增加了低碳技能型岗位。另一方面,在低碳城市试点政策作用下,地方政府也会通过组织绿色、环保宣传活动等公众参与型政策,引导城市居民提高自身的低碳意识和参与环保活动的热情,促使居民采取直接走访、环境信访、抵制污染项目等自发的行为来反映环境诉求。而随着公众对环境活动参与的增加,不仅企业会受到公众的影响而改变当前的生产决策,而且公众自身由于环保意识的增强也会更积极地参与到低碳转型建设中来(李爽、王劲文,2023)。因而,在以上两方面的共同作用下,公众有条件、有动力提高自身技能水平,以加入低碳技能型岗位来促进城市低碳转型。因此,低碳城市试点政策的实施会间接提高技能劳动比例,降低低技能劳动比例,从而优化劳动力技能结构。而通过上文分析及既有研究证实(陶爱萍、俞子燕,2020;王丽媛,2021),技能结构升级会降低技能溢价。基于此,本文提出:

假设 2:低碳城市试点政策会通过促进劳动力技能结构升级降低技能溢价。

综上,低碳城市试点政策既会通过促进劳动力技能结构升级和基于“遵循成本效应”降低技能偏向型技术进步来降低技能溢价,也会基于“创新补偿效应”提高技能偏向型技术进

^①资料来源:《晋城市低碳城市试点工作实施方案》,载于晋城市人民政府网站(https://xxgk.jcgov.gov.cn/jcsrmzf/zc/jszf/202101/t20210122_1344741.shtml)。

步加剧技能溢价。试点政策对技能溢价的影响则具有不确定性,其取决于试点政策对技能偏向型技术进步的最终影响以及对劳动力技能结构升级影响的相对强弱。据此,本文提出:

假设 3a:低碳城市试点政策可能会加剧城市技能溢价。

假设 3b:低碳城市试点政策可能会降低城市技能溢价。

四、研究设计

(一) 模型设定

低碳城市试点政策的实施一方面使得试点城市技能溢价在政策实施前后产生差异,另一方面也导致试点与非试点城市在同一时点的技能溢价出现差异。基于上述差异,同时考虑到低碳城市试点政策分多批实行,本文使用渐进双重差分模型探究低碳城市试点政策对城市技能溢价的影响。模型具体设定如下:

$$SP_{it} = \nu + \theta Policy_{it} + \epsilon X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \xi_{it} \quad (11)$$

(11)式中: i 、 t 分别表示城市和年份, SP_{it} 是被解释变量,表示城市技能溢价; $Policy_{it}$ 表示低碳城市试点政策虚拟变量,若城市 i 在 t 年份实施了试点政策,则其等于1,否则为0; X 表示可能影响技能溢价的一组控制变量; μ_i 与 λ_t 分别表示城市与时间固定效应; ξ_{it} 表示随机扰动项。 θ 是本文最关心的系数,若 θ 显著小于0,则表示低碳城市试点政策会降低城市技能溢价。

(二) 变量说明

1. 城市技能溢价的测算

技能溢价($\ln SP$),以城市高技能劳动力与低技能劳动力平均工资之比的对数表示。考虑到数据可得性,仅可获得城市总职工平均工资与高低技能劳动力就业占比数据,无法直接获取城市高低技能劳动力平均工资,本文利用如下公式测算城市技能溢价:

$$\bar{W} = Low \times S + High \times (1 - S) \quad (12)$$

(12)式中: $\bar{W}$ 表示城市职工平均工资, $High$ 表示城市高技能劳动力平均工资, Low 表示低技能劳动力平均工资, S 表示低技能劳动力人数占比,因此,可得:

$$SP = \frac{High}{Low} = \frac{\bar{W} - Low \times S}{Low \times (1 - S)} \quad (13)$$

根据(12)、(13)式,若知道城市低技能劳动力平均工资便可求出技能溢价。而考虑到农村劳动力大多从事农林牧渔业等低技能劳动力工作,农村居民人均可支配收入会与低技能劳动力工资表现出较强的相关性。因此,本文利用农村居民人均可支配收入来拟合低技能劳动力工资。具体测算模型构造如下:

$$PLW_{jt} = \sigma \times PPR_{jt} + \varphi_j + \omega_t + \varepsilon_{jt} \quad (14)$$

(14)式中: PLW_{jt} 表示 j 省第 t 年的低技能劳动力平均工资, PPR_{jt} 表示 j 省第 t 年的农村居民人均可支配收入, φ_j 、 ω_t 、 ε_{jt} 分别表示个体、时间固定效应及随机扰动项。通过双向固定效应模型进行计量回归即可得到系数 σ 。通过对(14)式回归,发现 σ 为正且十分显著($t > 100$),这表明农村居民人均可支配收入的确与低技能劳动力平均工资具有强相关性。继而进一步地,通过自上而下的方法构造如下模型测算地级市低技能劳动力平均工资:

$$CLW_{kt} = CPLW_{kt} \times (\widehat{CLW}_{kt} / \widehat{CPLW}_{kt}) = CPLW_{kt} \times [(\hat{\sigma} \times CPR_{kt} + \widehat{\varphi}_k + \widehat{\omega}_t) / (\hat{\sigma} \times CPPR_{kt} + \widehat{\varphi}_k + \widehat{\omega}_t)] \quad (15)$$

(15)式中: CLW_{kt} 是 k 市第 t 年的低技能劳动力平均工资, $CPLW_{kt}$ 是 k 市所在省的第 t 年的低技能劳动力平均工资, CPR_{kt} 与 $CPPR_{kt}$ 分别是 k 市第 t 年的农村居民人均可支配收入和 k 市所在省的第 t 年的农村居民人均可支配收入, $\widehat{CLW}_{kt}$ 是基于 CPR_{kt} 测算的 k 市第 t 年低技能劳动力平均工资的估计值, $\widehat{CPLW}_{kt}$ 是基于 $CPPR_{kt}$ 测算的 k 市所在省第 t 年低技能劳动力平均工资的估计值。因此,综合(14)式与(15)式,可求出地级市低技能劳动力平均工资,继而结合(13)式,便可求出城市技能溢价。另外,需要说明的是,当前并未有低技能劳动力的标准衡量方式,而鉴于高中教育程度以下劳动者就业占比能够较好地反映低技能劳动者就业状况(宁光杰、林子亮,2014),因此,本文测算了2007—2020年14年间农林牧渔业等19个行业的高中教育程度以下劳动者就业占比的平均值,并综合考虑各行业就业人数和平均工资,选择了高中教育程度以下劳动者就业占比最高的农林牧渔业,建筑业,住宿和餐饮业,居民服务、修理和其他服务业4个行业作为低技能行业, j 省第 t 年的低技能行业平均工资(即 PLW_{jt})则为4个行业的平均工资,地级市低技能行业就业占比(S)则为4个行业的就业总和占19个行业总就业的比重。此外,本文使用 k 市第 t 年农村居民人均可支配收入与 k 市所在省份第 t 年农村居民人均可支配收入之比乘以 k 市所在省的第 t 年的低技能劳动力平均工资(即 $(CPR_{kt}/CPPR_{kt}) \times CPLW_{kt}$)作为地级市低技能劳动力平均工资,继而求出另一城市技能溢价($\ln SP2$),其将用来增强后续实证分析的稳健性。

2.低碳城市试点政策(Policy)

截至2020年,低碳城市试点政策共实行了三批。第一批试点工作包括5省8市,第二批为3省区26市,第三批则包含41市4区县。需要注意的是,三批试点城市存在交叉,对此,本文借鉴宋弘等(2019),以城市最早实施政策的年份作为该城市的政策实施时间。

3.控制变量的选择

考虑到可能存在同时影响城市技能溢价与低碳转型的遗漏变量对模型估计产生影响,本文参考李惠娟等(2021)、王丽媛(2021)、余东华和孙婷(2017),选择如下控制变量:城市经济发展水平($\ln pgdp$),使用地区人均生产总值(元)的对数表示;贸易开放程度($Trade$),以进出口总额占GDP的比重表示;外商直接投资水平(Fdi),以外商投资额占GDP的比重(%)表示;财政支出规模(Gov),以政府财政支出占GDP的比重(%)衡量;固定资产投资($Fixed$),以固定资产投资与GDP的比值度量;金融发展(Fde),用金融机构贷款总额与GDP的比值表示。

4.机制变量的测算

(1)技能偏向型技术进步

技能偏向型技术进步意味着技能劳动力的边际生产效率高于低技能劳动力,据此,本文参考Li等(2021),使用绿色全要素生产率($\ln gtfp$)表示城市低碳转型过程中的技能偏向型技术进步,其中,投入指标包括劳动力、资本存量及能源消耗,期望产出为城市实际GDP,非期望产出则包括工业二氧化硫排放量、工业废水排放量、工业烟粉尘排放量。在测算模型选择上,考虑到一般SBM模型测算结果会出现多个效率值为1的情况,本文选用基于非期望产出的超效率SBM对效率进行测算。同时,为增强稳健性,本文另以低碳专利授权总量($\ln lpat$,万件)及绿色专利授权总量($\ln gpat$,万件)来衡量城市技能偏向型技术进步。鉴于一些城市存在专利数量为0的情况,本文对低碳绿色专利数量加1后取对数处理。其中,对于

低碳专利的衡量,本文参考王为东等(2018)的方法,使用欧洲和美国专利局联合颁布的合作专利分类法的 Y02 类下的专利数量进行测度。

(2)劳动力技能结构升级

劳动力技能结构升级用高低技能劳动力就业人数之比表示。现有研究中技能、低技能行业通常用制造业与农林牧渔业(宋冬林等,2010),科学研究、技术服务和地质勘查业与农林牧渔业(陆雪琴、文雁兵,2013)以及科学研究、技术服务和地质勘查业与制造业(王丽媛,2021)表示。值得注意的是,本文在理论分析中提到低碳城市试点政策主要增加了低碳技能人才的供给,而鉴于低碳技能人才供给数据难以获得,同时经本文验证,科学研究、技术服务和地质勘查业从业人员数量与能够在一定程度上表征低碳技能人才供给的低碳专利数量具有高度相关性(经双向固定效应模型回归后 t 值 >8),因此,本文参考以上研究,分别用科学研究、技术服务和地质勘查业与制造业从业人数之比($HL1$),科学研究、技术服务和地质勘查业与农林牧渔业从业人数之比的 1%($HL2$)以及制造业与农林牧渔业从业人数之比的 1%($HL3$)表示城市劳动力技能结构升级。

鉴于三批低碳城市试点政策的实施时间分别为 2010 年、2012 年和 2017 年,同时考虑到部分城市行政区划调整以及数据缺失,本文样本数据选择 2007—2020 年全国 284 个地级市的面板数据来检验试点政策对城市技能溢价的影响。所用数据来源于历年《中国城市统计年鉴》《中国劳动统计年鉴》、Incopat 专利库及各省市统计年鉴等。

各变量的描述性统计如表 1 所示。

表 1 变量的描述性统计

变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
lnSP	3 976	0.2161	0.2739	-1.0609	1.3270
lnSP2	3 976	0.2263	0.2511	-0.7671	1.2454
lnpgdp	3 976	10.3405	0.8700	8.0843	19.4772
Trade	3 976	0.1948	0.3631	0	8.1339
Fdi	3 976	1.7580	1.8631	0	19.7828
Gov	3 976	17.9593	10.5482	1.2499	157.5158
Fixed	3 976	0.7506	0.3002	0.0872	2.3385
Fde	3 976	0.9272	0.5849	0.0753	9.6221
lngtfp	3 976	-0.8654	0.4037	-2.3008	0.2617
lnlpat	3 976	2.9099	1.4612	0	8.2870
lngpat	3 976	2.8287	1.5153	0	9.2116
HL1	3 976	0.1023	0.1257	0.0024	2.5000
HL2	3 976	0.0917	0.3536	0.0000	8.0120
HL3	3 976	2.0051	9.1426	0.0001	199.5500

五、实证分析

(一)基准回归分析

表 2 列出了低碳城市试点政策对技能溢价影响的回归结果。其中,模型 1 和模型 2、模型 3 和模型 4 分别是将 lnSP 和 lnSP2 作为被解释变量的回归结果。模型 5 和模型 6 是考虑到低碳城市试点政策的政策效应可能具有滞后性,因此参考邵帅和李嘉豪(2022)的做法,将三批试点城市的政策实施时间滞后一年,即以 2011 年、2013 年和 2018 年作为三批试点时间的回归结果。

表 2 低碳城市试点政策对技能溢价的基准回归结果

	lnSP		lnSP2		lnSP(政策时间滞后)	
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
Policy	-0.0265 *** (0.0080)	-0.0338 *** (0.0079)	-0.0160 ** (0.0081)	-0.0217 *** (0.0081)	-0.0270 *** (0.0075)	-0.0367 *** (0.0075)
lnpgdp		-0.0301 ** (0.0150)		-0.0155 (0.0147)		-0.0293 * (0.0150)
Trade		-0.0115 (0.0097)		-0.0121 (0.0095)		-0.0116 (0.0099)
Fdi		-0.0122 *** (0.0026)		-0.0081 *** (0.0022)		-0.0126 *** (0.0027)
Gov		0.0009 *** (0.0003)		0.0006 ** (0.0003)		0.0010 *** (0.0003)
Fixed		-0.0487 *** (0.0114)		-0.0449 *** (0.0109)		-0.0495 *** (0.0114)
Fde		0.0015 (0.0075)		-0.0051 (0.0063)		0.0011 (0.0075)
城市/时间固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
常数项	0.6608 *** (0.0238)	1.0332 *** (0.1651)	0.6617 *** (0.0167)	0.8788 *** (0.1595)	0.6599 *** (0.0236)	1.0253 *** (0.1648)
观测值	3 976	3 976	3 976	3 976	3 976	3 976
R ²	0.8275	0.8325	0.8074	0.8104	0.8275	0.8327

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著;括号内的数值为稳健标准误。后表同。

各模型回归结果表明,在同时考虑了城市和时间固定效应的情况下,无论模型中是否包含控制变量,低碳城市试点政策的回归结果均显著为负,且主回归模型 2 的回归系数表明试点政策使得试点城市相对于非试点城市在政策实施期间的技能溢价平均降低约 3.38%。这说明试点政策的实施显著降低了城市技能溢价,技能偏向型技术进步和劳动力技能结构升级渠道的共同效应最终使得技能溢价下降,假设 3b 得到验证。从控制变量回归结果看,经济发展水平的系数显著为负,可能的原因在于,经济水平的提高会促使劳动者接受更多的教育培训,从而使得更多的低技能劳动力转化为高技能劳动力,高技能劳动力工资相对下降;外商直接投资的系数显著为负,这说明外资的流入主要增加了对我国低技能劳动力的需求并提高了低技能劳动力的工资;政府财政支出规模的系数显著为正,表明地方政府的财政支出带有一定的“技能偏向型”,其支出的增加提高了技能劳动力的福利水平,而对低技能劳动力的保障不足,使得二者的收入差距扩大;固定资产投资的系数显著为负,这可能是因为当前我国的投资主要投入在较低技能的行业中,其投资的增加会相对提高对低技能劳动力的需求,从而降低技能溢价。

(二) 稳健性检验

1. 处理效应异质性检验

考虑到低碳城市试点分三批实施,可能存在组别和时间处理效应异质性问题,使得传统双向固定效应模型(TWFE)的估计结果存在偏误(刘冲等,2022)。为此,本文参考Goodman-Bacon(2021),使用Bacon分解法对低碳城市试点政策对技能溢价的影响效应进行稳健性检验。根据Bacon分解,多时点DID的处理效应可分解为早处理VS晚处理、晚处理VS早处理以及时变处理VS从未处理。其中,当把“早处理”作为控制组,即上述第二种情况时,结果中已包含处理效应,会使TWFE的估计结果产生偏误,若其分解结果在TWFE估计量中所占权重很小,则检验通过。通过对表2基准回归中的模型1、模型3、模型5进行Bacon分解,可

得如下表 3 所示的分解结果。

表 3	Bacon 分解结果					
	模型 1		模型 3		模型 5	
	DID 估计	权重	DID 估计	权重	DID 估计	权重
早处理 VS 晚处理	-0.0461	0.0752	-0.0440	0.0752	-0.0488	0.0915
晚处理 VS 早处理	-0.0357	0.1099	-0.0031	0.1099	-0.0514	0.0816
时变处理 VS 从未处理	-0.0235	0.8149	-0.0151	0.8149	-0.0222	0.8269

由表 3 结果可知,本文 3 个基准模型中“晚处理 VS 早处理”的 DID 估计量所占的权重均不超过 11%,因此,本文的 TWFE 并未严重受到处理效应异质性影响,基准回归结果具有一定稳健性。

2. 平行趋势检验

双重差分模型需满足平行趋势检验,即试点与非试点城市的技能溢价在政策实施之前的变化趋势是平行的。对此,本文参考 Jacobson 等(1993),构造如下模型进行该检验:

$$\ln SP_{it} = \alpha_1 + \sum_{v=-5(v \neq -1)}^5 \beta_v D_{it}^v + \rho_1 X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \xi_{it} \tag{16}$$

(16) 式中: D_{it}^v 是一组虚拟变量,设置如下: n_i 为低碳城市试点政策实施年份(非试点城市 n_i 为 0),若 $t-n_i \leq -5$,则设置 $D_{it}^{-5} = 1$;若 $t-n_i = v (v \neq -5, 5)$,则设置 $D_{it}^v = 1$;若 $t-n_i \geq 5$,则设置 $D_{it}^5 = 1$ 。对于 v 最小值为 -5,最大值为 5,是考虑到政策前后时间范围过长(从试点前 10 年到试点后 10 年),同时政策实施前 5 年和后 5 年的数据较少,因此对试点前 5 年及以上和试点后 5 年及以上汇总到试点前 5 年和试点后 5 年。另外,本文以政策实施前 1 年为基期,最终检验结果如图 1 所示。可以看到,在 $v < 0$ 时, β_v 均不显著,表明试点城市与非试点城市的技能溢价在低碳城市试点政策实施之前并没有系统差异,平行趋势检验通过。

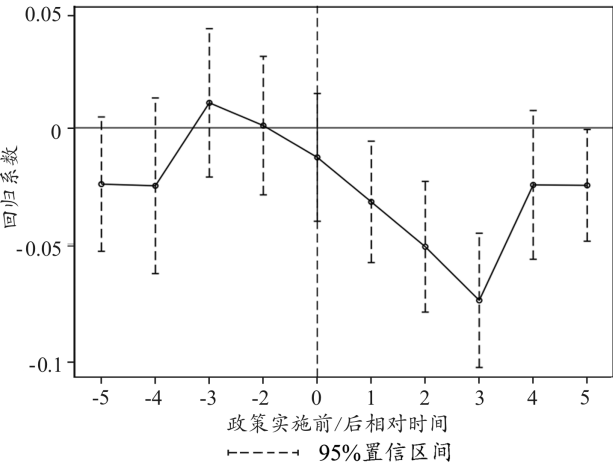


图 1 平行趋势检验

3. 安慰剂检验

使用双重差分法的另一个担忧是可能存在不可观测的遗漏变量对回归结果产生影响。对此,本文借鉴 Li 等(2016)的做法,随机产生低碳试点城市进行安慰剂检验。为增强检验结果的可靠性,本文依次进行了 500 次和 1 000 次安慰剂检验。从图 2 及图 3 可以明显看

出,无论是 500 次还是 1 000 次检验,低碳城市试点政策虚拟变量的回归结果均在 0 附近并呈现正态分布,绝大多数回归结果并不显著,且基准回归低碳城市试点政策系数估计值(−0.0338)在多次安慰剂检验中均属于异常值,这表明随机生成的低碳城市并未对技能溢价产生影响,安慰剂检验通过。

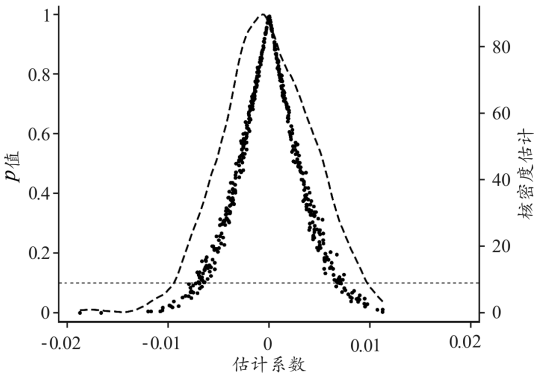


图 2 500 次安慰剂检验

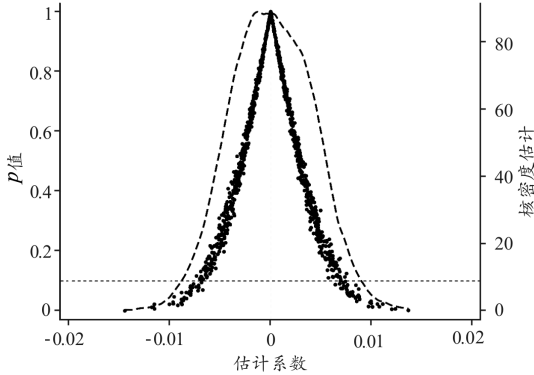


图 3 1 000 次安慰剂检验

4.其他稳健性检验

(1)PSM-DID 检验

鉴于模型可能存在由于城市样本选择性偏差而产生的内生性问题,本文使用 PSM-DID 对样本选择偏误进行检验。其操作如下:以城市是否获批试点作为被解释变量,以本文 6 个控制变量作为解释变量,构建 Logit 模型,使用卡尺最近邻法进行匹配,然后对匹配后的样本进行回归。模型回归结果如表 4 模型 1 所示,其结果表明,在使用 PSM-DID 模型后,低碳城市试点政策仍显著降低了城市技能溢价。

(2)排除其他政策干扰

考虑到低碳城市试点政策实施期间存在其他政策影响城市技能溢价,本文搜集整理了五项可能影响样本期间城市技能溢价的政策,具体包括碳排放权交易试点城市(*Cet*)、新能源示范城市(*Ned*)、一带一路沿线城市(*Bar*)、创新型试点城市(*Ipc*)及智慧城市试点(*Spc*)。为避免上述政策影响低碳城市试点政策估计结果,本文在基准回归中加入这五项政策虚拟变量,回归结果见表 4。结果表明,在考虑其他政策影响后,低碳城市试点政策仍显著降低了技能溢价。

表 4 其他稳健性检验 I

	lnSP					
	PSM-DID	碳排放权交易试点城市	新能源示范城市	一带一路沿线城市	创新型试点城市	智慧城市试点
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
Policy	−0.0313 *** (0.0087)	−0.0344 *** (0.0080)	−0.0339 *** (0.0079)	−0.0348 *** (0.0080)	−0.0345 *** (0.0079)	−0.0340 *** (0.0079)
Cet/ Ned/ Bar/ Ipc/ Spc		0.0042 (0.0107)	−0.0047 (0.0095)	0.0119 (0.0075)	0.0160 (0.0201)	0.0256 *** (0.0082)
控制变量/常数项/双向固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	3 189	3 976	3 976	3 976	3 976	3 976
R ²	0.8326	0.8325	0.8325	0.8326	0.8325	0.8328

(3) 区域因素干扰

考虑到可能存在随时间而变的区域经济状况、区域产业政策等因素影响城市技能溢价, 本文将时间固定效应分别替换为时间与全国七大地理区域($Year \times Gp$)、时间与东中西三大区域($Year \times Emw$)的交互固定效应, 以控制以上区域因素的干扰。结果如表 5 模型 1 和 2 所示, 在控制区域影响因素后, 低碳城市试点政策对技能溢价的影响仍显著为负。

(4) 试点城市非随机选择

使用双重差分模型的理想情形是低碳试点城市是随机选择的。而实际上, 试点城市的选择可能与城市发展水平、区域位置等因素有关, 这些因素随时间推移可能会对城市技能溢价产生差异化影响。为避免这些因素产生影响, 本文借鉴 Lu 等(2017)的方法, 在回归模型中加入这些城市基准因素与时间趋势项的交互项, 具体因素包括是否为两控区(Tlk)、省会城市(Tsh)、直辖市(Tzx)、经济特区(Ttq)。结果如表 5 所示, 可以看到, 无论城市区域位置等基本因素是否显著, 低碳城市试点政策均显著降低了城市技能溢价。

表 5 其他稳健性检验 II

	lnSP					
	地理区域	三大区域	两控区	省会城市	直辖市	经济特区
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
Policy	-0.0188 ** (0.0078)	-0.0397 *** (0.0075)	-0.0344 *** (0.0079)	-0.0361 *** (0.0079)	-0.0338 *** (0.0080)	-0.0350 *** (0.0079)
Tlk/ Tsh/Tzx/ Ttq			0.0006 *** (0.0010)	0.0051 *** (0.0017)	0.0001 (0.0024)	0.0057 * (0.0034)
Year×Gp/Year×Emw	Yes	Yes				
时间固定			Yes	Yes	Yes	Yes
控制变量/常数项/城市固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	3 976	3 976	3 976	3 976	3 976	3 976
R ²	0.8544	0.8429	0.8325	0.8328	0.8325	0.8326

(5) 更换被解释变量

为进一步提高低碳城市试点政策对城市技能溢价影响的稳健性, 本文参考谢杰等(2022), 使用上述技能溢价(SP 、 $SP2$)测算过程中高低技能劳动力工资之差的 $\ln$ 作为城市技能溢价($\ln SPD$ 、 $\ln SPD2$)的代理变量, 再次进行回归。回归结果如表 6 模型 1、模型 2 所示。

表 6 其他稳健性检验 III

	lnSPD	lnSPD2	lnSP3	lnSP4	lnSPD3	lnSPD4
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
Policy	-0.1403 *** (0.0509)	-0.0867 * (0.0459)	-0.0690 *** (0.0207)	-0.0711 *** (0.0183)	-0.1625 *** (0.0575)	-0.1803 *** (0.0595)
控制变量/常数项/双向固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	3 250	3 306	3 789	3 955	2 458	2 705
R ²	0.6689	0.6726	0.8007	0.7364	0.6756	0.6299

另外, 考虑到城市劳动力就业共有 19 个行业门类, 本文按上文低技能行业划分方法, 选取上述 4 个行业与制造业, 批发和零售业以及水利、环境和公共设施管理业等 7 个行业作为

低技能行业,并按照上述两种测算技能溢价的方法计算上述 7 个行业作为低技能行业的城市高、低技能劳动力工资之比($\ln SP3$ 、 $\ln SP4$)以及高、低技能劳动力工资之差($\ln SPD3$ 、 $\ln SPD4$)来表示城市技能溢价,回归结果如表 6 模型 3 至模型 6 所示。可以看到,在采用不同的方法重新测算技能溢价后,低碳城市试点政策仍显著降低了城市技能溢价,这进一步提高了本文基准回归结果的稳健性。

(三) 机制分析

根据理论分析,低碳城市试点政策会通过技能偏向型技术进步和劳动力技能结构升级影响城市技能溢价。为检验低碳城市试点政策影响技能溢价的这两条渠道,本文参考江艇(2022)提出的对机制分析的建议,构建如下机制检验模型:

$$M_{it} = \alpha_2 + \beta_2 Policy_{it} + \rho_2 X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \xi_{it} \tag{17}$$

(17)式中: M 代表机制变量,具体包括绿色全要素生产率($\ln gtfp$)、低碳专利授权总量($\ln lpat$)、绿色专利授权总量($\ln gpat$)3 个表示城市技能偏向型技术进步的变量,以科学研究、技术服务和地质勘查业与制造业从业人数之比($HL1$)、科学研究、技术服务和地质勘查业与农林牧渔业从业人数之比的 1%($HL2$)、制造业与农林牧渔业从业人数之比的 1%($HL3$)3 个表示城市劳动力技能结构升级的变量。值得一提的是,考虑到城市科学研究、技术服务和地质勘查业从业人员的变化可能与当地高校的规模和数量相关,本文以各城市在校大学生人数占比衡量当地高校的发展情况,并将其纳入低碳城市试点政策对劳动力技能结构升级影响的回归模型以控制其对劳动力技能结构升级的影响。另外,鉴于上文已充分说明技能偏向型技术进步会加剧城市技能溢价,劳动力技能结构升级会降低技能溢价,因此,若 β_2 显著为正,则说明试点政策会通过促进城市技能偏向型技术进步加剧技能溢价,通过促进城市劳动力技能结构升级降低技能溢价。各机制变量的检验结果如表 7 所示。

表 7 机制分析回归结果

	技能偏向型技术进步			劳动力技能结构升级		
	$\ln gtfp$	$\ln lpat$	$\ln gpat$	$HL1$	$HL2$	$HL3$
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
$Policy$	0.0353 ** (0.0143)	0.0755 *** (0.0288)	0.0762 ** (0.0321)	0.0084 ** (0.0036)	0.0874 *** (0.0274)	1.4532 *** (0.4722)
控制变量/常数项/双向固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	3 976	3 976	3 976	3 976	3 976	3 976
R^2	0.7245	0.9247	0.9235	0.7373	0.3521	0.4746

从模型 1 的结果可以看出,低碳城市试点政策在 1%的水平上显著提高了城市绿色全要素生产率,这意味着低碳城市试点政策对城市带来的“创新补偿效应”大于“遵循成本效应”,一定程度上说明在当前政策愈发严格的背景下,企业会更加重视节能减排技术的研发,“创新补偿效应”会在试点过程中占据主导地位。以低碳专利和绿色专利表示的技能偏向型技术进步的模型 2 和 3 得到了相同的结论。模型结果也同时表明了试点政策会通过促进城市技能偏向型技术进步加剧技能溢价,假设 1b 得到验证。从模型 4 到模型 6 的回归结果看,在分别以科学研究、技术服务和地质勘查业与制造业从业人数之比、科学研究、技术服务和地质勘查业与农林牧渔业从业人数之比的 1%以及制造业与农林牧渔业从业人数之比的

1%表示的劳动力技能结构升级的模型中,低碳试点政策的回归系数均显著为正,这表明在试点政策的直接影响和间接影响的共同作用下,试点政策会促进劳动力技能结构升级,并通过劳动力技能结构升级降低城市技能溢价,假设 2 得到验证。

(四) 异质性分析

1. 区域与城市特征异质性

我国各区域经济社会发展不均衡,区域之间的环境特征、环保力度等方面存在较大差异,这些差异可能会使得各区域试点城市对政策的执行力度和反应程度产生差别并最终影响政策效应。考虑到东部地区和中西部地区在上述方面存在较明显差异,本文将是否为东部地区城市虚拟变量(是为 1,不是为 0)与低碳城市试点政策的交互项($P \times E$)纳入(11)式基准回归模型。回归结果如表 8 模型 1 所示,可以看到,相比中西部地区,试点政策显著加剧了东部地区城市技能溢价。可能的原因在于,东部地区经济金融发展水平、市场化水平高,试点政策能够较好地激励企业进行技术创新并提高对技能劳动力的需求,从而加剧了技能溢价。同时,考虑到资源禀赋是城市发展和低碳转型的基础,本文依据《国务院关于印发全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020 年)的通知》,将样本城市划分为 112 个资源型城市和 172 个非资源型城市,继而将是否为资源型城市虚拟变量(是为 1,不是为 0)与试点政策的交互项($P \times R$)纳入基准回归模型。同样,鉴于产业结构也会影响到城市低碳转型,本文将是否为老工业基地城市(是为 1,不是为 0)与试点政策的交互项($P \times O$)纳入基准回归模型。从模型 2 和模型 3 的回归结果可知,与非资源型和非老工业基地城市相比,试点政策显著降低了资源型和老工业基地城市技能溢价。这可能是因为,资源型和老工业基地城市发展长期受制于本区域资源和高耗能产业制约,低碳转型困难,丰富的自然资源甚至会导致“资源诅咒”效应,使得城市创新动力不足,对技能劳动力的需求较低,技能劳动力的工资相对下降。

表 8 异质性回归结果 I

	东部地区城市	资源型城市	老工业基地城市
	模型 1	模型 2	模型 3
<i>Policy</i>	-0.0897 *** (0.0101)	-0.0121 (0.0082)	-0.0232 ** (0.0091)
$P \times E / P \times R / P \times O$	0.1134 *** (0.0128)	-0.0724 *** (0.0157)	-0.0378 *** (0.0135)
控制变量/常数项/ 双向固定	Yes	Yes	Yes
观测值	3 976	3 976	3 976
R^2	0.8357	0.8336	0.8328

2. 城市劳动力技能异质性

根据上文分析,低碳城市试点政策会通过提高技能偏向型技术进步加剧技能溢价,通过促进劳动力技能结构升级降低技能溢价。据此,为进一步加强试点政策对城市技能溢价影响的因果关系,本文将技能偏向型技术进步率高的城市与试点政策的交互项($P \times G$)及劳动力技能结构升级率高的城市与试点政策的交互项($P \times K$ 、 $P \times X$)纳入(11)式基准回归模型。其中,技能偏向型技术进步率高的城市为绿色全要素生产率在 2007—2020 年间的增长率大

于所有地级市绿色全要素生产率增长率中位数的城市,劳动力技能结构升级率高的城市则为科学研究、技术服务和地质勘查业以及信息传输、计算机服务和软件业两个高技能行业的从业人员增长率大于各自行业增长率中位数的城市。从表 9 模型 1 的结果可知,相比技能偏向型技术进步率低的城市,试点政策会显著提高技能偏向型技术进步率高的城市的技能溢价水平,这一结果与上文试点政策会通过提高技能偏向型技术进步加剧技能溢价的结论相吻合。从模型 2 和模型 3 的结果可知,相比劳动力技能结构升级率低的城市,试点政策会显著降低劳动力技能结构升级率高的城市的技能溢价水平,这一结果也与上文试点政策会通过促进劳动力技能结构升级降低技能溢价的结论相一致。综上,模型 1 至模型 3 异质性的结果再一次加强了上文研究结论的稳健性。

表 9 异质性回归结果 II

	绿色全要素生产率 增长率高的城市	科学研究、技术服务和地质 勘查业从业增长率高的城市	信息传输、计算机服务和 软件业从业增长率高的城市
	模型 1	模型 2	模型 3
Policy	-0.0506 *** (0.0114)	-0.0029 (0.0112)	-0.0041 (0.0109)
P×G/P×K/P×X	0.0305 ** (0.0132)	-0.0492 *** (0.0130)	-0.0499 *** (0.0129)
控制变量/常数项/双向固定	Yes	Yes	Yes
观测值	3 976	3 976	3 976
R ²	0.8327	0.8331	0.8331

六、结论与政策启示

低碳城市试点政策的实施将不可避免地对城市劳动力间的工资差距产生重大影响。本文首先从理论上对低碳城市试点政策影响城市技能溢价的作用机制进行探析;然后,基于城市高低技能劳动力工资测算了中国 284 个地级市的技能溢价,并运用渐进双重差分模型实证检验了低碳城市试点政策对城市技能溢价的影响。本文研究结果表明:第一,低碳城市试点政策能够显著降低城市技能溢价,这一结论在经过一系列稳健性检验后仍成立;第二,低碳试点政策通过促进城市技能偏向型技术进步加剧了技能溢价,通过促进劳动力技能结构升级降低了技能溢价;第三,低碳城市试点政策对城市技能溢价的影响具有区域与城市特征异质性。

上述研究结论为进一步推动城市低碳转型并缩小居民收入差距提供了如下政策启示:

第一,充分总结低碳城市建设经验,逐步扩大试点城市范围。本文研究结论显示低碳城市试点政策会降低城市技能溢价,缩小城市居民收入差距。这表明低碳城市试点政策可以作为协调经济低碳转型与收入平等分配的重要政策工具。未来应完善低碳试点城市评估指标体系,将工资、收入等社会效应指标纳入评估体系。同时,进一步加强对低碳城市的评估,将先进的经验模式和可复制的成功案例逐步向全国推广,形成“试点—推广”的运行机制,充分发挥低碳城市试点政策的政策效应。此外,中央政府应加强低碳试点城市监管力度,在政策实施过程中开展不定期监督并给予一定的指导和支持,充分保证政策的有效实行。

第二,进一步发挥劳动力技能结构升级对缩小居民收入差距的作用,同时,缓解技能偏

向型技术进步对扩大居民收入差距的压力。考虑到低碳试点城市建设可以通过促进劳动力技能结构升级降低技能溢价,对此,在未来低碳试点城市建设过程中应进一步扩大低碳城市试点政策对劳动力技能结构升级的带动作用。一方面,实行积极的劳动力市场政策,对低技能劳动者进行低碳技能培训及实训学习,促使低技能劳动者向技能型劳动者转化,缩小低技能劳动力群体。另一方面,打造低碳领域关键核心技术攻关平台,推动地方高校参与或组建低碳实验室、重点实验室和技术创新中心,为培养低碳技能型人才创造良好条件。而鉴于低碳试点城市同时会通过技能偏向型技术进步提高技能溢价,则应建立与低碳城市试点政策相配套的意在改善收入差距的政策体系,例如,对因企业进行绿色低碳转型而失业的员工及其家庭实行补偿性政策。同时,对企业节能降耗项目进行一定的补贴,降低企业成本压力,减小企业通过减产应对减排压力进而导致低技能劳动力就业降低的风险。

第三,因地制宜精准施策,不断完善各地低碳试点城市建设工作。低碳城市试点政策经验表明其会相对扩大东部地区城市技能溢价而降低中西部地区、资源型和老工业基地城市技能溢价。因此,对于东部地区,试点城市要注重在低碳转型过程中加快绿色低碳技术创新发展的同时,充分保障各类行业失业人群的基本生活,并有力引导该群体进行技能培训与再就业,提高该群体的收入水平;而对于中西部地区、资源型地区与老工业基地城市,鉴于其发展受制于基础禀赋制约,地区低碳创新动力不足,低碳转型困难,试点城市政府应根据地区基础优势、资源禀赋条件和发展特点实施合理的绿色低碳就业政策。通过在绿色低碳领域深入挖掘就业岗位、引进和培养低碳技能人才等方式促进地区就业结构升级、提高区域低碳技术创新基础能力,以期缩小地区居民收入差距、实现区域低碳转型。

参考文献:

- 1.陈启斐、钱非非,2020:《环境保护能否提高中国生产性服务业比重——基于低碳城市试点策略研究》,《经济评论》第 5 期。
- 2.高云虹、王文铎,2023:《低碳城市建设能否提升城市绿色经济效率?》,《江南大学学报(人文社会科学版)》第 4 期。
- 3.龚梦琪、刘海云、姜旭,2019:《中国低碳试点政策对外商直接投资的影响研究》,《中国人口·资源与环境》第 6 期。
- 4.郭凯明、杭静、颜色,2020:《资本深化、结构转型与技能溢价》,《经济研究》第 9 期。
- 5.郭沛、梁栋,2022:《低碳试点政策是否提高了城市碳排放效率——基于低碳试点城市的准自然实验研究》,《自然资源学报》第 7 期。
- 6.江艇,2022:《因果推断经验研究中的中介效应与调节效应》,《中国工业经济》第 5 期。
- 7.李惠娟、李文秀、蔡伟宏,2021:《参与全球价值链分工、技能偏向性技术进步与技能溢价》,《国际经贸探索》第 12 期。
- 8.李爽、王劲文,2023:《低碳城市试点政策、居民低碳素养与企业绿色技术创新》,《中国人口·资源与环境》第 4 期。
- 9.刘冲、沙学康、张妍,2022:《交错双重差分:处理效应异质性与估计方法选择》,《数量经济技术经济研究》第 9 期。
- 10.刘荣增、何春,2021:《环境规制对城镇居民收入不平等的门槛效应研究》,《中国软科学》第 8 期。
- 11.卢品亮,2017:《资本积累与技能工资差距——来自中国的经验证据》,《经济学(季刊)》第 16 卷第 2 期。
- 12.陆雪琴、文雁兵,2013:《偏向型技术进步、技能结构与溢价逆转——基于中国省级面板数据的经验研究》,《中国工业经济》第 10 期。

13. 宁光杰、林子亮, 2014:《信息技术应用、企业组织变革与劳动力技能需求变化》,《经济研究》第 8 期。
14. 秦明、齐晔, 2019:《环境规制的收入分配效应研究》,《经济与管理研究》第 11 期。
15. 邵帅、李嘉豪, 2022:《“低碳城市”试点政策能否促进绿色技术进步?——基于渐进双重差分模型的考察》,《北京理工大学学报(社会科学版)》第 4 期。
16. 宋冬林、王林辉、董直庆, 2010:《技能偏向型技术进步存在吗?——来自中国的经验证据》,《经济研究》第 5 期。
17. 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。
18. 陶爱萍、孙鑫、蒯鹏, 2022:《环境规制对劳动者工资收入差距的影响——基于技能溢价视角的研究》,《经济与管理评论》第 3 期。
19. 陶爱萍、俞子燕, 2020:《环境规制、技能结构演进与技能溢价》,《工业技术经济》第 1 期。
20. 王锋、葛星, 2022:《低碳转型冲击就业吗——来自低碳城市试点的经验证据》,《中国工业经济》第 5 期。
21. 王华星、石大千, 2019:《新型城镇化有助于缓解雾霾污染吗——来自低碳城市建设的经验证据》,《山西财经大学学报》第 10 期。
22. 王丽媛, 2021:《智能化发展、劳动力供给技能结构与技能溢价》,《山西财经大学学报》第 5 期。
23. 王为东、卢娜、张财经, 2018:《空间溢出效应视角下低碳技术创新对气候变化的响应》,《中国人口·资源与环境》第 8 期。
24. 王亚飞、陶文清, 2021:《低碳城市试点对城市绿色全要素生产率增长的影响及效应》,《中国人口·资源与环境》第 6 期。
25. 王贞洁、王惠, 2022:《低碳城市试点政策与企业高质量发展——基于经济效率与社会效益双重视角的检验》,《经济管理》第 6 期。
26. 谢杰、过重阳、陈科杰、郭佳, 2022:《最低工资、工业自动化与技能溢价》,《中国工业经济》第 9 期。
27. 徐佳、崔静波, 2020:《低碳城市和企业绿色技术创新》,《中国工业经济》第 12 期。
28. 杨飞, 2017:《市场化、技能偏向性技术进步与技能溢价》,《世界经济》第 2 期。
29. 余东华、孙婷, 2017:《环境规制、技能溢价与制造业国际竞争力》,《中国工业经济》第 5 期。
30. 张兵兵、周君婷、闫志俊, 2021:《低碳城市试点政策与全要素能源效率提升——来自三批次试点政策实施的准自然实验》,《经济评论》第 5 期。
31. 张红凤、李睿, 2022:《低碳试点政策与高污染工业企业绩效》,《经济评论》第 2 期。
32. 张来明、李建伟, 2021:《促进共同富裕的内涵、战略目标与政策措施》,《改革》第 9 期。
33. 庄贵阳, 2020:《中国低碳城市试点的政策设计逻辑》,《中国人口·资源与环境》第 3 期。
34. Cheng, J., J. Yi, S. Dai, and Y. Xiong. 2019. “Can Low-carbon City Construction Facilitate Green Growth? Evidence from China’s Pilot Low-carbon City Initiative.” *Journal of Cleaner Production* 231 (September): 1158–1170.
35. Ee, M., C. Chao, X. Liu, and E. Yu. 2018. “Environmental Policy, Firm Dynamics and Wage Inequality in Developing Countries.” *International Review of Economics & Finance* 57 (September): 70–85.
36. Goodman-Bacon, A. 2021. “Difference-in-differences with Variation in Treatment Timing.” *Journal of Econometrics* 225 (2): 254–277.
37. Jacobson, L., R. Lalonde, and D. Sullivan. 1993. “Earnings Losses of Displaced Workers.” *American Economic Review* 83 (4): 685–709.
38. Li, H., W. Cai, and W. Li. 2021. “Does Global Value Chains Participation Improve Skill Premium? Mediating Role of Skill-biased Technological Change.” *Economic Modelling* 99 (June): 105489.
39. Li, P., Y. Lu, and J. Wang. 2016. “Does Flattening Government Improve Economic Performance? Evidence from China.” *Journal of Development Economics* 123 (November): 18–37.
40. Lu, Y., Z. Tao, and L. Zhu. 2017. “Identifying FDI Spillovers.” *Journal of International Economics* 107 (July): 75–90.
41. Qin, M., L. Fan, J. Li, and Y. Li. 2021. “The Income Distribution Effects of Environmental Regulation in

- China: The Case of Binding SO₂ Reduction Targets.” *Journal of Asian Economics* 73(April), 101272.
42. Song, M., X. Zhao, and Y. Shang. 2020. “The Impact of Low-carbon City Construction on Ecological Efficiency: Empirical Evidence from Quasi-natural Experiment.” *Resources, Conservation and Recycling* 157(June), 104777.
43. Spinesi, L. 2022. “The Environmental Tax: Effects on Inequality and Growth.” *Environmental and Resource Economics* 82(3): 529–572.
44. Yang, S., A. Jahanger, and M. Hossain. 2023. “How Effective Has the Low-carbon City Pilot Policy Been as an Environmental Intervention in Curbing Pollution? Evidence from Chinese Industrial Enterprises.” *Energy Economics* 118(February), 106523.
45. Yang, X., and W. Tang. 2023. “Additional Social Welfare of Environmental Regulation: The Effect of Environmental Taxes on Income Inequality.” *Journal of Environmental Manage* 330(March), 117095.
46. Yu, Y., and N. Zhang. 2021. “Low-carbon City Pilot and Carbon Emission Efficiency: Quasi-experimental Evidence from China.” *Energy Economics* 96(April), 105125.
47. Zheng, J., X. Shao, W. Liu, J. Kong, and G. Zuo. 2021. “The Impact of the Pilot Program on Industrial Structure Upgrading in Low-carbon Cities.” *Journal of Cleaner Production* 290(March), 125868.

Will Low-carbon Transition Exacerbate the Skill Premium? Empirical Evidence from Low-carbon City Pilot Policy

Liang Dong¹, Liu Yu^{2,3}, Chen Boyang¹ and Zhang Shuo¹

(1: College of Economics and Management, China Agricultural University;

2: College of Urban and Environmental Sciences, Peking University;

3: Institute of Carbon Neutrality, Peking University)

Abstract: Under the “dual carbon” background, the green and low-carbon transformation will continue to promote the systematic reform of the economy and society, and the labor wage gap will continue to undergo profound changes in the reform. Based on the panel data of 284 prefecture-level cities from 2007 to 2020, this paper calculates the skill premium variable that can characterize the wage gap in cities. Using the low-carbon city pilot policy as a quasi-natural experiment, this paper empirically evaluates the impact of the pilot policy on urban skill premium through the staggered difference-in-difference model. The study finds that the pilot policy significantly reduces the skill premium, and this conclusion still holds after tests such as treatment effect heterogeneity, parallel trends, and placebo. The mechanism analysis shows that the pilot policy reinforces the skill premium through the skill-biased technological progress mechanism on the demand side, while the labor skill structure upgrading mechanism on the supply side inhibits the skill premium. Further research shows that the impact of the pilot policy on the skill premium is significantly different in different regions, different resource endowments, different industrial foundations, and cities with high or low labor skills. The research provides useful experience and inspiration for narrowing the income gap and achieving common prosperity in the process of low-carbon transition.

Keywords: Low-carbon City Pilot Policy, Skill Premium, Skill-biased Technological Progress, Labor Skill Structure Upgrading, Staggered DID

JEL Classification: J31, Q51

(责任编辑:陈永清)