

从共享经济到低碳经济

——来自共享单车平台进驻的证据

代昀昊 王晓允 童心楚*

摘要:共享经济能否以及如何助力经济社会和环境的绿色与可持续发展,是一个重要的研究课题。本文基于共享单车平台分批进驻城市这一准自然实验,利用2015~2017年城市特征面板数据和月度二氧化碳排放数据,运用交错双重差分模型方法评估了共享单车平台进驻对城市人均二氧化碳排放量的影响。研究结果表明,共享单车平台进驻总体上显著降低了城市人均二氧化碳排放量。机制分析表明,共享单车平台主要通过替代地区交通工具和提升公众对共享单车的使用意愿两个渠道发挥二氧化碳减排效应。异质性分析表明,在环境规制强度较低、数字经济发展程度较高、科技创新实力较强以及有两家共享单车平台共同进驻的地区,共享单车的二氧化碳减排效应更强。本文以共享单车平台进驻为视角阐释了共享经济的二氧化碳减排效应及其作用机制,对发展共享经济改善城市碳排放提供了有益的政策启示。

关键词:共享经济 共享单车 绿色转型 二氧化碳排放

中图分类号:X51 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3894(2024)04-0111-20

一、引言

共享经济作为数字经济的重要形态,是利用互联网平台将分散资源进行优化配置,通过推动产权属、组织形态、就业模式和消费方式的创新,提高资源利用效率、便利群众生活的新业态、新模式^①。发展共享经济是贯彻“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念的集中体现,能够为实现经济社会可持续发展提供新的路径(Heinrichs, 2013; Mi 和 Coffman, 2019)。2016年,共享经济作为一种全新的经济模式被写入国家“十三五”规划纲要,从国家层面对共享经济的兴起给予了开放的态度。随着5G、人工智能的发展普及,基于“互联网+”背景的共享经济呈现快速发展的良好态势。据国家信息中心统计,2022年全年共享经济市场交易规模约为38320亿元,同比增长约3.9%。共享经济已经在交通出行、餐饮服务、日常生活等领域广泛渗透,其对提升绿色发展价值和培养绿色消

* 代昀昊,副教授,华中科技大学经济学院、华中科技大学现代经济研究中心研究员,电子邮箱:daiyunhao@hust.edu.cn;王晓允,硕士研究生,华中科技大学经济学院,电子邮箱:xyhust1124@163.com;童心楚(通讯作者),博士研究生,华中科技大学经济学院,电子邮箱:tongxinchu@hust.edu.cn。本文获得国家自然科学基金(71991473;72372048)、中央高校基本科研业务费(2023WKYXZX009)、华中科技大学文科双一流建设项目基金(现代经济学研究中心项目)以及湖北省“青年拔尖人才”培养计划的资助。感谢匿名审稿专家的宝贵意见,文责自负。

① 该定义摘自国家信息中心发布的《中国共享经济发展报告(2023)》。

费习惯等方面的作用日益凸显,是促进中国实现“双碳”目标和经济社会高质量发展的助推器。

共享单车作为中国共享经济发展的代表行业,其快速发展对城市建设和产业转型升级产生了广泛影响(曹光宇等,2023),同时也对推动中国交通领域绿色转型、促进交通领域双碳目标的实现产生了积极作用。生态环境部环境发展中心与中环联合认证中心发布的《共享骑行减污降碳报告》显示,自运营以来美团单车及电单车用户累计减少二氧化碳排放量118.7万吨,相当于减少了27万辆私家车行驶1年的二氧化碳排放量。尽管业界与学术界对以共享单车为代表的共享经济的重要性达成共识,但从共享单车进驻城市引起的一些社会乱象来看,这种新型经济模式带来的社会环境效益尚缺乏细致深入的实证研究,其对城市二氧化碳排放量的影响机理尚不明确。因此,本文拟从城市人均二氧化碳排放量的角度出发,利用共享单车平台分批进驻各城市的准自然实验,探究共享经济在实现“双碳”目标的过程中如何促使城市绿色低碳转型。

基于2015~2017年中国城市特征数据和月度二氧化碳排放数据,本文利用交错双重差分模型实证检验了共享单车平台进驻对城市人均二氧化碳排放量的影响。研究结果表明,共享单车平台进驻显著降低了城市人均碳排放量。本文参考Bertrand和Mullainathan(2003)进行了动态趋势检验,发现受到共享单车平台进驻影响的城市在平台进驻后显著降低了人均二氧化碳排放,且这一效应具有一定的持续性。

本文进行了一系列稳健性检验。首先,为避免城市层面混淆因素的影响,本文使用倾向得分匹配法对共享单车平台进驻前一年的两组样本进行匹配后重新回归,结果一致。同时,为避免共享单车平台进驻选择与地区因素相关,本文构造随机指定试点的安慰剂检验,发现二氧化碳的减排效应消失,表明结果不受随机因素和城市特征因素的影响。针对交错双重差分模型中处理效应异质性可能引发的问题,本文使用Goodman-Bacon分解说明了本文设定下的偏误情况,并借鉴Cengiz等(2019)、Callaway和Sant'Anna(2021)提出的方法对潜在的处理效应异质性问题进行纠正,结果仍然一致。

在机制方面,本文发现共享单车平台主要通过替代地区交通工具和提升公众对共享单车的使用意愿两个渠道发挥二氧化碳减排效应。具体而言,对于公共交通运输量大以及私人汽车拥有量多的地区,共享单车作为替代性交通工具能够发挥更强的二氧化碳减排效应。同时,较高的城市轨道交通发展水平、较优的空气质量以及较强的公众环保意识能够加强公众对共享单车的使用意愿,从而促进共享单车平台进驻对二氧化碳的减排效应。

异质性分析的结果表明,当地区环境规制强度较弱时,共享单车平台的进驻能够成为地区环境治理的市场替代机制,发挥二氧化碳减排效应;较高的地方数字经济发展水平有利于促进共享经济的发展,增强共享单车平台的影响;地区科技创新水平提高,也能够为共享经济的发展提供新动能,激励共享单车平台二氧化碳减排效应的有效发挥。进一步地,两家共享单车平台共同进驻比仅一家共享单车进驻的二氧化碳减排效应更显著。

本文的贡献主要体现在以下两个方面:第一,现有文献对共享经济不同行业平台进驻的影响进行了广泛探讨,包括以Uber为代表的共享出行平台(Kim等,2018;Nian等,2021;Barrios等,2022)和以Airbnb为代表的共享住宿平台等(Zervas等,2017;Barron等,2021;Farronato和Fradkin,2022)。对共享单车平台而言,已有文献主要围绕共享单车对住房或租房价格、缓解交通堵塞以及降低空气污染进行探讨(Chu等,2021;Shr等,2023;Hamilton和Wichman,2018;黄赶祥等,2023;肖倩冰等,2021;曹光宇等,2023)。与已有文献不同,本文主要以共享单车平台进驻作为准自然实验,考察其对城市人均二氧化碳排放的影响。同时区别于部分文献基于个别城市进行的估计或测算(Zhang和Mi,2018;Cao和Shen,2019),本文以中国城市作为研究对象,利用共享单车平台进驻各城市时间的

偶然性,使用交错双重差分模型进行识别(曹光宇等,2023),使得本文的研究结论更具代表性。

第二,在探讨中国低碳经济和转型发展的影响因素方面,已有学者发现地区的城市化水平、贸易开放、经济集聚、地区发展水平等会对碳排放强度产生影响(林伯强和刘希颖,2010;李锴和齐绍洲,2011;邵帅等,2019;陈登科,2020;Zheng等,2019)。为了实现低碳转型,已有文献主要从环境税政策和排污权交易政策考察了“价格型”和“数量型”环境政策工具对碳排放的影响(陈诗一,2012;钱浩祺等,2019;Cao等,2021;Hu等,2020),并认为与行政命令式的环境政策相比,基于市场机制和经济激励的环境政策往往更有效(陈诗一,2022)。由于共享单车平台的进驻更多是由运营商的供应驱动(Gu等,2019),本文以共享单车平台进驻城市为例,从共享经济的角度探讨其对中国城市低碳转型发展的影响,这也为市场机制如何助力低碳转型提供了一定证据。

二、文献回顾与研究假设

(一)文献回顾

1. 共享经济平台的经济环境效益

随着推进高质量城市化目标的提出,共享经济、低碳经济等城市经济可持续发展路径受到广泛关注。共享经济通过促进资源的有序流动和合理配置提高资源的使用效率,减少环境污染,助推低碳环保的经济增长模式(朱富强,2017)。国内外对于共享经济的研究主要集中在共享出行、共享住宿等领域。

在以Uber为代表的共享出行平台的相关研究内,学术界对其社会福利影响进行了广泛的探讨。Kim等(2018)研究发现Uber平台进驻对曼哈顿中心地区出租车的挤出会迫使这些出租车通过扩大地理覆盖范围,并为先前被忽视的客户提供服务来维持其市场地位。Nian等(2021)则利用Uber平台进驻的地理和时间变化,发现Uber平台进驻可以降低个人破产率。Barrios等(2022)则关注Uber和Lyft平台进驻创造的零工机会,分析发现该平台引入为未来的企业家创造了备选的机会,从而降低风险并鼓励新企业的形成。

在共享住宿平台领域内,尤以Airbnb短期住宿平台的相关研究为代表。Zervas等(2017)量化了Airbnb在进入得克萨斯州十年内对当地酒店业的影响,发现得益于共享经济即时供应的优点,Airbnb平台进入引起的价格反应会使所有消费者受益而不仅仅是共享经济的参与者,其中,低价旅馆和不迎合商务旅客的旅馆受到的影响最大。Barron等(2021)研究发现Airbnb对房价和租金有积极影响,该影响来源于Airbnb平台的进驻增加了短期出租单位的供应,减少了长期出租单位的供应。Farronato和Fradkin(2022)提出了一个提供差异化产品的灵活卖家和专门卖家(同业房东和酒店)之间的竞争模型,研究Airbnb实现住宿业同业供应的福利效应,分析发现当酒店容量受到限制时,对市场条件反应灵敏的同业房东会扩大供应,因此导致酒店价格下降。

对共享单车平台而言,共享单车具有零排放、减少汽车使用、减少拥堵和能耗、增加共享单车日常出行使用率等社会和环境效益(Shaheen等,2010)。就社会经济效益而言,Chu等(2021)研究发现共享单车通过降低家庭和地铁站之间的出行成本,增加了偏远公寓的吸引力,降低了地铁附近公寓的价格溢价。Shr等(2023)通过使用台湾地区共享单车及附近房产的租赁数据,应用空间差分方法,发现共享单车平台的建立显著提高了附近房产的租赁价格。Hamilton和Wichman(2018)实证表明Capital Bikeshare共享单车系统的使用可将华盛顿城市内的交通拥堵减少4%以上,且该缓解效应集中在高度拥堵的地区。与此研究结论一致的是,黄赶祥等(2023)在研究国内共享单车平台时发现,共享单车对城市交通拥堵具有一定的治理作用。就环境效益而言,Zhang和Mi(2018)利用

大数据从时空角度分别估算了上海地区共享单车在节约能源、减少二氧化碳和氮氧化物排放方面的影响,且晚高峰的环境效益要明显高于早高峰。Cao和Shen(2019)基于北京Mobike共享单车数据,通过响应面法和Minitab构建模型以评估共享单车对二氧化碳减排的社会贡献。Chen等(2020)基于自行车生产、运营和回收过程中消耗的资源量,采用全生命周期碳排放评估方法计算共享单车行业的减排阈值。Sun等(2021)以北京为例,定量分析得到无桩共享单车可以提高城市自行车系统的资源利用率,减少资源消耗。除此之外,还有部分文献聚焦于共享单车发展现状(郭鹏等,2017)、共享单车政府治理(蔡朝林,2017)等方面。

2. 城市低碳转型的影响因素

国内外对于城市低碳经济和转型发展方面有着广泛而深刻的探讨,现有文献主要聚焦于城市化水平、贸易开放、经济集聚、地区发展水平等因素对碳排放的影响,而在低碳转型方面的研究,则主要集中于环境税政策、排污权交易政策等环境政策工具的影响。

就城市化水平而言,Grossman和Krueger(1995)基于跨国面板数据的实证分析表明,城市化与温室效应之间存在密切的相关关系。何晓萍等(2009)的研究表明城市化快速推进的过程会增加能源消费的刚性需求,这将导致严重的环境问题。林伯强和刘希颖(2010)认为中国实现低碳转型应当在保证GDP增长的前提下,将城市化进程作为低碳发展的机会,控制城市化速度,并选择以节能为主、发展清洁能源为辅的转型战略。在贸易开放水平方面,李锴和齐绍洲(2011)基于静态、动态面板模型研究发现国际贸易对中国环境的影响是负面的,贸易开放增加了中国省份的CO₂排放量和碳强度。陈登科(2020)借助中国加入WTO的准自然实验考察发现贸易壁垒下降显著降低了企业主要污染物SO₂排放强度,扩大对外开放可以通过改善环境增进中国社会福利。就经济集聚水平而言,陆铭和冯皓(2014)研究发现人口和经济活动的空间集聚度提高有利于降低单位GDP工业污染物的排放强度。邵帅等(2019)发现经济集聚与碳排放强度、人均碳排放之间存在“倒N”型曲线关系,且当经济集聚水平达到一定阈值后,其可能同时表现出节能和减排的“双重”效应。Zheng等(2019)使用对数均值Divisia指数(LMDI)分析表明自2012年以来,以省级经济增长份额衡量的区域结构大幅减少了二氧化碳排放量,并提出以区域合作改善发展模式的建议。此外,还有大量文献聚焦于产业结构(王群伟等,2010)、技术进步(石大千等,2018)、智慧城市试点(何小钢和盖嘉辉,2022)、城市交通结构(梁若冰和席鹏辉,2016;Fan和Zheng,2020)等因素对城市二氧化碳的减排作用。

为了实现城市低碳转型,“价格型”和“数量型”环境政策工具将发挥重要作用。陈诗一(2012)基于SBM-DDF-AAM低碳经济分析理论机制,构建了低碳转型进程的动态评估指数,更加准确地对改革以来中国各省级地区的低碳经济转型进程进行了评估和预测。钱浩祺等(2019)考虑到地区低碳技术水平的异质性,提出了基于消费侧和生产侧的碳排放视角多因素碳排放权分配理论模型。许文立和孙磊(2023)基于碳排放权交易试点发现,这种市场激励型环境规制能够加速推进地区能源消费结构转型,有效助推碳排放总量和强度“双控”目标的实现。Cao等(2021)研究发现碳排放交易系统(ETS)对受监管的燃煤电厂的煤炭效率没有影响。Hu等(2020)采用双重差分模型表明二氧化碳ETS在发展中国家具有显著的节能减排效果,并发现该政策效应主要来自技术效率的提高和产业结构的调整,且在环境执法严格和市场化程度高的地区表现更好。对比环境税政策和排污权交易政策的政策效果,陈诗一(2022)分析发现,考虑到低碳经济转型的内在要求,相较于行政命令式的环境规制政策,基于市场机制和经济激励的环境政策从理论上来讲往往更有效。

综合上述文献,学者们对共享经济平台的经济环境效益与城市低碳转型进行了不同视角的研

究,为本文提供了丰富的理论背景与思路指导,但是对于共享经济的代表——共享单车平台进驻城市这一事件对城市碳排放的影响效应还需进一步的识别和分析。因此本文在总结国内外相关研究成果的基础上,以共享单车平台进驻能否为城市带来碳减排效应为研究问题。

(二)假设提出

考虑到共享单车作为交通出行方式的一种,共享单车平台对城市碳排放的影响可能通过对地区交通运输工具的替代和提高公众对共享单车的使用意愿来实现。

一方面,共享单车对地区交通运输工具具有替代效应。共享单车能够有效解决“最后一公里”的出行问题,与城市公共交通体系形成互补,满足人们多样化的出行需求。城市轨道交通能够显著降低空气污染程度,且该空气改善效应主要是通过对出租车的替代实现的(梁若冰和席鹏辉,2016)。而共享单车可以发挥接驳功能,与城市轨道交通相互配合。湛仁俊等(2018)研究表明共享单车和轨道交通均能够显著降低空气污染,且共享单车的推行有助于显著提升轨道交通对污染气体的减排效果。肖倩冰等(2021)研究发现共享单车与城市地铁轨道交通的结合更有助于环境改善。曹光宇等(2023)基于双重差分模型发现,随着城市地铁通车里程的延长,共享单车进驻带来的空气质量改善幅度也随之增大。Niu等(2022)则通过构建共享单车的动态减排模型评估了共享单车全生命周期内产生的碳排放量,直接考察了共享单车对汽车的替代效应,并结合中国目前的电动汽车拥有率,量化了共享单车的耗损率。同时,共享单车还可以减少城市交通拥堵和出行成本,有助于城市绿色交通体系的建设。Yang等(2018)研究发现共享自行车可以减少乘客的平均出行时间,提高城市公共交通网络效率,有效改善城市公共交通网络空间分布不均匀的问题,有助于缓解城市交通拥堵,减少城市碳排放。Chu等(2021)则研究发现共享单车通过降低家庭和地铁站之间的出行成本,增加了偏远公寓的吸引力,降低了地铁附近公寓的价格溢价。黄赶祥等(2023)通过构建双重差分模型识别量化了共享单车进入对中国主要城市交通拥堵的影响,揭示了共享单车对城市交通拥堵的治理作用,从而促进城市交通碳排放的减少。

另一方面,人们选择共享单车作为出行方式的意愿会影响共享单车的使用率,当公众偏好使用共享单车出行时,会增强共享单车平台对城市二氧化碳排放的效应。共享单车的出行环境和获取便利度是影响人们对共享单车偏好的主要客观因素。Liu等(2012)在研究中首次提出了完美解决出行“最后一公里”问题的共享自行车新方案,他们指出除了鼓励发展共享自行车系统外,改善私人自行车的出行环境也很重要。相博等(2018)研究发现城市空气污染情况与新型绿色交通共享单车的需求程度呈显著的负向关联。王振坡等(2019)在研究共享单车普及对居民通勤方式选择的影响时同样发现,共享单车的获取便捷度越高,其在通勤方式选择中对小汽车的替代作用越显著。除了影响出行选择的客观因素外,人们的环保意识等主观因素也很重要。郑思齐等(2013)研究发现公众环境关注度能够有效地推动地方政府更加关注环境治理问题,通过环境治理投资、改善产业结构等方式来改善城市的环境污染状况。吴力波等(2022)通过构建博弈模型,从理论上表明公众环境关注度能够提升市场对绿色产品和环保治理企业的投资需求,最终带动环境质量提升。

因此,结合已有共享单车对环境影响的研究,本文提出研究假设:共享单车平台的进驻能够降低城市人均二氧化碳排放。

三、研究设计

(一)数据来源与样本选择

考虑到2018年ofo等共享单车在国内遭遇押金收付问题,可能会对后续观察的效应带来噪

声^①，因此本文选取2015~2017年中国城市特征数据作为初始研究样本，并进行如下处理：剔除台湾、澳门、香港相关数据；使用ARIMA法对缺失的城市特征数据进行填补。本文参考Cao等（2021）、Chu等（2021）中数据来源与样本构建方法，收集整理了ofo小黄车和Mobike共享单车平台进驻城市及时间。此外，中国各城市CO₂总排放量月度数据来自Center for Global Environmental Research，该数据库提供了1km×1km的CO₂总排放量数据，据此汇总得到中国城市层面CO₂总排放量面板数据（单位：吨）；其他城市层面的经济特征数据均来自《中国城市统计年鉴》。为避免异常值，本文对所有连续数据在1%和99%分位进行缩尾处理。最终得到包括296个城市，共10656个城市-月度平衡面板数据。

（二）模型设定与变量定义

本文将共享单车平台分批进驻城市视作多时期、时变处理时点的准自然实验，旨在评估共享单车平台进驻城市对碳排放量的影响。交错双重差分模型（Staggered Differences-in-Differences，Staggered DID）在政策评价领域得到了广泛应用，原因在于其能较好地缓解内生性问题并有效识别政策处理的净效应。本文不区分共享单车平台进驻城市的数量，以“没有共享单车平台进驻”的城市作为对照组，以“有共享单车平台进驻”的城市作为实验组，由于不同共享单车平台进驻各个城市的时间不同，选取ofo小黄车和Mobike共享单车平台最先进驻各城市的时间（年月）作为该城市事件发生的时间。无桩共享单车于2015年在中国诞生，此后三年间，ofo小黄车和Mobike共享单车的市场份额总和达90%以上。然而2018年一些共享单车企业由于资金链断裂相继面临退还押金困难的问题，同时ofo小黄车也遭遇押金挤兑浪潮，且退押金周期几度延长。不仅如此，2018年以后，又陆续发生了滴滴自营青桔单车上线、哈啰单车率先开启行业内全国信用免押、Mobike共享单车被美团收购等重大事件，致使共享单车行业竞争格局重新整合（曹光宇等，2023）。由于2015~2017年，共享单车的行业格局在动态竞争中保持平衡，具有一定的代表性和有效性，而在2018年之后，ofo小黄车和Mobike共享单车的经营状况和行业地位发生剧烈变化，可能会使研究结果误差较大，无法得到有效的共享单车进驻对城市二氧化碳排放量的净影响。因此，本文最终保留2015年年末至2017年年末的样本数据，并整理得到不同时间进驻城市的事件信息，详见附表1^②。

交错双重差分模型在解释因果关系时需要满足平行趋势假设，也即在共享单车平台进入城市前，处理组与控制组在人均二氧化碳排放量上的时间趋势需要保持基本平行。然而由于共享单车平台进驻某一城市的决策并非完全随机决定，也需考虑经济、社会等层面的因素，因此，为了排除对对照组和实验组可能存在的非平行趋势问题，本文选择控制事前影响因素的时间趋势，即将2014年年末各类可能影响共享单车平台进驻决策的城市前定特征变量与一系列年份虚拟变量相交乘，并以交互项的形式予以控制。因此，本文研究共享单车平台进驻对城市碳排放量影响的基准回归模型设定为：

$$\ln(CO_{2_per_capita})_{i,y,m} = \alpha_0 + \beta_1 Entry_{i,y,m} + \gamma Controls_{i,2014} \times \delta_y + \mu_i + \lambda_{y,m} + \varepsilon_{i,y,m} \quad (1)$$

^① 央广网北京2017年12月30日消息称，据经济之声《天天315》报道，悟空、町町、酷骑、3V bike、小蓝、小鸣等6家共享单车企业因资金链断裂等原因相继停止经营，没有退还所收押金和预付费超过10亿元，涉及消费者数百万人。同时，据法制日报2018年12月21日报道，2018年12月17日，ofo发布“退押新政”，称将按照用户申请依序处理，如用户来现场登记，依然会按时间先后顺序并入线上退押金序列。截至2018年12月19日，ofo线上排队退款用户已超1000万人，且呈继续增加趋势。

^② 本文附录详见《数量经济技术经济研究》杂志网站，下同。

其中,被解释变量 $\text{Ln}(CO_2_per_capita)_{i,y,m}$ 代表城市 i 在第 y 年第 m 月度城市人均二氧化碳排放量的自然对数。 $Entry_{i,y,m}$ 表示第 y 年第 m 月度的共享单车平台是否进驻城市 i 的虚拟变量,若城市属于共享单车进驻地区且时间(年月)在平台进驻时点后,则取值为1,否则为0。其系数 β_1 是本文关注的重点,该系数反映了共享单车平台进驻对城市人均二氧化碳排放量的影响,若该系数显著为负,则表明共享单车平台进驻城市有助于减少人均二氧化碳排放量。

$Controls_{i,2014}$ 为城市 i 在2014年年末的城市特征前定控制变量, δ_y 为年度固定效应。考虑到城市经济基本面和环境因素可能会对城市人均二氧化碳排放量带来潜在影响,本文选取如下城市特征作为控制变量:经济发展水平($\text{Ln}(GDP_per_capita)$),以城市人均GDP的自然对数表示;工业化程度($Industry_2$),以城市第二产业增加值占GDP的比重表示;产业结构($Industry_3$),以城市第三产业增加值占GDP比重;行政区域土地面积($\text{Ln}(Land)$),以城市行政区域土地面积(平方公里)的自然对数表示;政府规模($Govern_public$),以城市财政公共预算支出占城市生产总值的比重表示。

此外,本文在模型中还控制了城市固定效应和年份-月度固定效应,以剔除时间趋势和城市层面时不变的混淆因素,并在城市层面对标准误进行聚类调整,以减少可能的序列相关性。各变量的命名及定义可见附表2,同时附表3报告了各主要变量的描述性统计。

四、实证结果与分析

(一)基准回归

针对假说,本文选取 ofo 和 Mobike 两种共享单车平台最先进驻城市的时间(年月)作为该城市受到事件冲击的时间,并利用前文所构建的交错双重差分模型来考察共享单车平台进驻城市对城市人均二氧化碳排放量的整体影响,结果如表1所示。在表1中,第(1)列未加入控制变量,第(2)列进一步控制了事前城市特征变量与年度固定效应的交互项。表1的回归结果表明,共享单车平台进驻城市对城市人均二氧化碳排放量具有显著的负向影响,即共享单车平台进驻城市产生了显著的二氧化碳减排效应。其中,第(1)列 $Entry$ 的系数估计值为-0.012,在1%的水平上显著为负;第(2)列 $Entry$ 的系数估计值为-0.006,在5%的水平上显著,表明在控制一系列事前城市特征的时间趋势后,共享单车平台进驻平均而言会使城市月度人均二氧化碳排放量显著降低0.60%。

表1 基准回归结果

变量	(1)	(2)
	$\text{Ln}(CO_2_per_capita)$	$\text{Ln}(CO_2_per_capita)$
$Entry$	-0.012*** (0.003)	-0.006** (0.002)
常数项	-2.012*** (0.000)	-2.076*** (0.019)
控制变量	否	是
城市固定效应	是	是
年份-月度固定效应	是	是
样本量	10656	10656
调整 R^2 值	0.999	0.999

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号内为聚类在城市层面的稳健标准误。

(二)平行趋势检验

交错双重差分模型要求处理组和控制组满足平行趋势假设,即在共享单车平台进入城市前,处理组与控制组在人均二氧化碳排放量上的时间趋势需要基本保持一致。为检验该假设,借鉴事件研究法的思想,构建动态 DID 模型为:

$$\ln(CO_{2_per_capita})_{i,y,m} = \alpha_0 + \sum_{s=-6(s \neq -1)}^{s=12} \beta_s Entry_{i,y,m}^s + \gamma Controls_{i,2014} \times \delta_y + \mu_i + \lambda_{y,m} + \varepsilon_{i,y,m} \quad (2)$$

其中, $Entry_{i,y,m}^s$ 是一系列相对时间的虚拟变量,考虑到共享单车平台进驻 6 个月之前和 12 个月之后的数据较少,本文将进驻前 6 个月及以前的期数归并为 $Entry_{i,y,m}^{-6}$,表明若当前时间为共享单车平台进驻城市 i 时间的 6 个月之前,取值为 1,否则为 0;将进驻后 12 个月及之后的期数归并为 $Entry_{i,y,m}^{+12}$,表明若当前时间为共享单车平台进驻城市 i 时间的 12 个月之后,取值为 1,否则为 0;对于其他期数的时间变量,如 $Entry_{i,y,m}^{-5}$,表明若当前时间为共享单车平台进驻城市 i 时间的前 5 个月,取值为 1,否则为 0,以此类推。其余变量含义同式(1)相同。

附表 4 和附图 1 分别展示了动态效应的回归结果及动态趋势。其中,共享单车平台进驻前的变量系数均不显著,表明在共享单车进驻之前,共享单车平台进驻城市和非进驻城市的人均碳排放量不存在显著差异,满足平行趋势假设。同时,在控制城市经济特征时,共享单车平台在进驻城市第 5 个月,对应变量的估计结果开始显著为负,表明共享单车平台进驻城市后能够显著地降低城市二氧化碳排放,且该影响具有一定的持续效应。

(三)稳健性检验

基准回归表明,共享单车平台的进驻能够降低城市人均二氧化碳排放。但为了排除混淆因素对研究结论的干扰,仍需进行一系列稳健性检验。本文从倾向得分匹配法、安慰剂检验、交错 DID 设定中处理效应异质性的处理、其他稳健性检验等进行分析,以确保结果的可靠性。

1.PSM-DID

尽管共享单车平台进驻城市对城市碳排放的影响相对外生,但考虑到共享单车进驻的城市可能与未进驻城市存在特征差异,从而可能造成由反向因果引起的内生性偏误问题;此外,可能存在一些影响城市碳排放量和共享单车进驻城市选择的遗漏变量。为避免该差异对回归结果的影响,本文将基于倾向得分匹配法(PSM)对控制组和处理组进行匹配。根据每期进驻城市与非进驻城市在 2014 年年末的地区特征,选取所有控制变量作为匹配变量,使用 PSM 按照 1:1 放回最邻近匹配方法得到最终匹配样本。使用匹配后的样本数据重新对模型式(1)进行回归,结果仍然一致。匹配后的回归结果及动态效应趋势可见附表 5 与附图 2。

2.安慰剂检验

为避免交错 DID 的回归结果可能是由其他未观测到的因素引起的,本文将进行安慰剂检验,以排除虚假关系的担忧。为此,在所有样本城市中随机抽取 106 个城市替代真实的共享单车进驻城市,并随机分配一个虚假的共享单车进驻时间,重新根据模型式(1)对交错 DID 模型进行估计,保存估计结果并重复该过程 1000 次。最终得到 1000 个回归系数及对应的 P 值,进行描述性统计(如附表 6 所示)并绘制这 1000 个系数估计值的核密度分布图(如附图 3 所示)。可以发现,安慰剂系数估计值分布在 0 的附近,且近似正态分布。而表 1 基准回归中加入控制变量时的 DID 估计系数为 -0.006,落在伪回归系数分布左尾的左侧,因此可以排除共享单车平台进驻的碳减排影响由不可观测因素引起的可能。

3. 交错 DID 稳健性处理

在交错 DID 中,学术界长期以来都将双向固定效应(TWFE)估计量视为 DID 的等价估计量,但近年来,许多学者都关注到了异质性处理效应下 TWFE 估计量可能出现偏误的问题(Goodman-Bacon, 2021; Sun 和 Abraham, 2021; 刘冲等, 2022)。若要获得平均处理效应(ATE)的无偏估计,除了满足平行趋势假设外, TWFE 估计量还必须满足“处理效应不论在组间还是不同时期都为常数”的条件。然而,在多时期、时变处理时点的情形下可能会存在“坏的对照组”问题,也即以较早接受处理的样本个体作为新处理样本个体(处理组)的对照组,而该对照组的结果变量里已经包含了处理效应。因此,当该类型对照组的权重越大, TWFE 估计量就越容易因受到跨期交叉污染而出现难以解释的偏误(Goodman-Bacon, 2021)。本文首先采取 Goodman-Bacon 分解对模型式(1)中的 TWFE 估计量进行分析,随后借鉴 Cengiz 等(2019)、Callaway 和 Sant’Anna(2021)的方法构造“异质性-稳健”估计量重新进行估计。

参考 Goodman-Bacon(2021),附表 7 报告了 Goodman-Bacon 分解的结果。TWFE 估计量最终平均处理效应为-0.012,其中,以“从未受到政策影响的个体”为控制组的 DID 估计量系数为-0.012,权重占比为 88.7%,以“尚未受到政策影响的个体”为控制组的 DID 估计量系数为-0.002,权重占比为 7.8%,而以“较早受到政策影响的个体”为控制组得到的 DID 估计量系数为 0.000,权重占比为 3.5%。最后一类 2×2DID 组合对最终 TWFE 估计量的影响较小,绝大部分影响来自以“从未受到政策影响的个体”为控制组的估计系数,权重为 88.7%。因此在本文设定下,异质性处理效应带来的偏误是较小的。

同时,本文还利用 Cengiz 等(2019)提出的堆叠法,以及参考 Callaway 和 Sant’Anna(2021)提出的“加权组群-时间的 ATT”法,以“尚未处理”样本和“从未处理”样本作为控制组重新进行估计。附表 8 的回归结果表明基准回归模型式(1)的估计结果是稳健的。本文将基准回归、PSM-DID 以及上述异质性稳健估计量的动态趋势结果绘制在图 1 中。由图 1 可以看到,在共享单车平台进驻前,不同样本及回归方法得到的估计系数均不显著,满足平行趋势假设。同时,处理效应在共享单车平台进驻后逐渐显著,说明上述主要结果是稳健的。

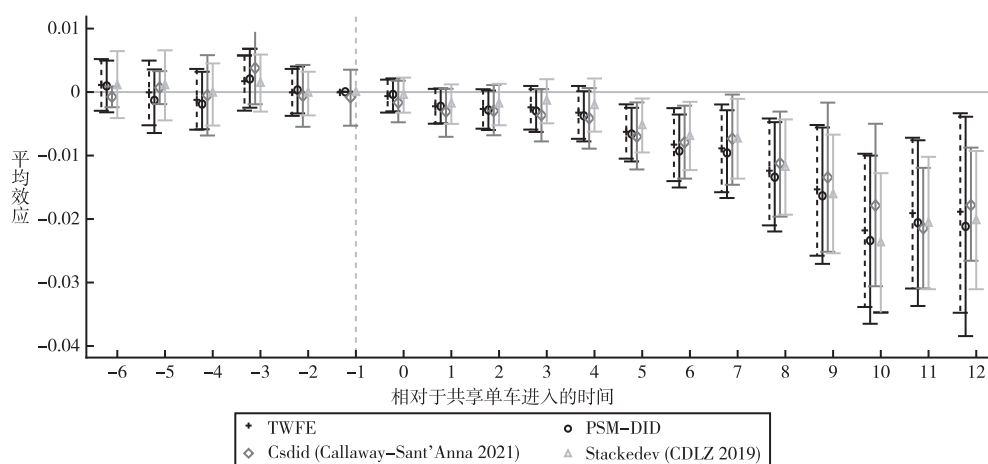


图 1 不同估计方法下的共享单车平台进驻对城市人均二氧化碳排放的影响

4. 其他稳健性检验

为排除其他混杂因素对研究结论的干扰,本文还进行了其他稳健性检验。

(1)排除空气质量对城市二氧化碳排放的潜在影响。已有文献发现共享单车平台进驻能够对城市空气质量产生影响(曹光宇等,2023;Huang等,2022),为了控制空气质量对二氧化碳排放的潜在影响,我们进一步将城市月度的空气质量指数(AQI)引入控制变量,重新对模型式(1)进行回归。附表9第(1)列的结果表明,在控制城市月度空气质量指数后,*Entry*的系数估计值仍在1%的水平上显著为负,表明共享单车进驻城市的碳减排效应在控制空气质量变化后仍然是稳健的。

(2)排除《大气污染防治行动计划》政策的影响。国务院在2013年9月10日印发《关于印发大气污染防治行动计划的通知》(以下简称APPCAP),以应对严峻的PM_{2.5}空气污染挑战。APPCAP政策共10条,分别针对减少能源结构对煤炭的依赖、规范汽车排放、鼓励可再生能源使用和更新排放标准的执行等方面作出了详细的要求,并对京津冀、长三角、珠三角等区域的细颗粒物浓度提出了具体的大气污染防治高目标。由于APPCAP政策在全国范围内的实施强度不同,该政策的实施可能会影响到本文的研究对象——城市二氧化碳排放量。因此,本文参考Yu等(2022)、周迪等(2022)中对高目标城市的选取,综合整理得到73个APPCAP政策的高目标城市。由于本文的样本期为2015~2017年,而APPCAP政策实施时点为2013年,一直持续到本文的样本期末,因此,本文在初始研究样本中将这73个高目标城市剔除,对剩下的样本再次进行交错双重差分回归,得到结果如附表9第(2)列所示。回归结果表明,在排除APPCAP政策的影响后,*Entry*的系数估计值仍在1%的水平上显著为负,这说明共享单车平台进驻产生的碳减排效应是稳健的。

(3)排除低碳城市试点政策的影响。为加快发展方式实现绿色转型,国家发展改革委员会于2010年正式启动了首批低碳城市试点工作,并在2012年和2017年两次扩大试点范围。试点名单由首批的5个省份和8个城市扩大至第三批的45个城市,试点范围也呈现向全国范围辐射的趋势。根据《国家发展改革委关于开展低碳省区和低碳城市试点工作的通知》《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》《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》,我们收集整理了三批低碳城市试点政策的批复时间及相应的试点城市名单。低碳城市名单同时包括省份、地级市、县级市及同级行政区划,我们将试点省份的所有地级市囊括在内,仅保留地级市及以上试点区域,得到三批共131个试点城市。本文设置*LCC_entry*虚拟变量,如果一个城市属于低碳城市试点地区,且所属时间(年月)位于低碳城市试点政策实施后,则取值为1,否则为0。将该低碳城市试点政策虚拟变量作为控制变量纳入我们的交错双重差分模型进行回归,得到结果如附表9第(3)列所示。回归结果显示,在控制了低碳城市试点政策的影响后,*Entry*的系数估计值仍在1%的水平上显著为负,这表明共享单车平台进驻产生的碳减排效应是稳健的。

(四)潜在影响机制

共享单车可以与城市公共交通体系形成互补,提高城市交通体系的运营效率,缓解城市交通拥堵问题(Wang和Zhou,2017;Hamilton和Wichman,2018;黄赶祥等,2023)。“共享单车+轨道交通”协同配合,可以有效促进城市轨道交通和共享单车对机动车的替代,减少通勤时间,降低空气污染程度(Fan和Zheng,2020;肖倩冰等,2021)。此外,共享单车作为绿色交通出行的方式之一,如果公众对环境的关注度越强,会更加偏好绿色的交通出行方式,提高对共享单车的使用意愿。因此,共享单车平台进驻的碳减排效应可能是通过以下两条机制实现的:一是共享单车对地区交通运输工具的替代效应;二是公众偏好共享单车出行的增强效应。

为验证第一条影响机制,本文使用公共汽电车客运总量、私人汽车拥有量来衡量城市交通运输工具的概况,结果如表2所示。第(1)列采用地级市公共汽电车年客运总量指标来衡量城市公共交通体系的运营情况,并构建交互项。结果发现,交互项系数在1%的水平上显著为负,说明对于城市

公共交通运输量大、公共交通体系发达的地区,共享单车进入城市的碳减排效应更强。第(2)列展示了使用私人汽车拥有量指标进行交乘的结果,交互项在1%的水平上显著为负,说明对于私人汽车拥有量越多的地区,共享单车平台进驻对人均碳排放量的减少作用越大。对于公共交通运输量大以及私人汽车拥有量多的地区,其交通体系越容易堵塞,共享单车能够凭借其随停随走、按需使用、不受出发地和目的地限制的特点作为替代性交通工具,减少汽车使用,减缓交通拥堵,从而降低交通运输过程中带来的温室气体和污染物排放,改善城市人均碳排放水平。

表 2 机制检验:交通工具的替代效应

变量	(1)	(2)
	Ln(CO ₂ _per_capita)	Ln(CO ₂ _per_capita)
Entry	-0.002 (0.002)	0.003 (0.003)
Entry×Ln(traffic)	-0.006*** (0.002)	
Ln(traffic)	-0.002 (0.002)	
Entry×Ln(car)		-0.013*** (0.004)
Ln(car)		-0.055*** (0.019)
常数项	-2.009*** (0.025)	-2.090*** (0.034)
控制变量	是	是
城市固定效应	是	是
年份-月度固定效应	是	是
样本量	9888	8244
调整 R ² 值	0.999	0.999

注:同表 1。

为验证第二条影响机制,本文采用轨道交通规模、空气污染程度、公众环境关注度来反映公众选择共享单车出行的意愿。结果如表 3 所示。第(1)列引入轨道交通运营线路长度反映轨道交通规模,并构建交互项。结果显示,交互项系数在 1% 的水平上显著为负,说明轨道交通越发达的地区,共享单车平台进驻城市的碳减排效应就越强。第(2)列采用 PM2.5 指数衡量雾霾程度,并构建交互项。结果显示,交互项系数在 1% 的水平上显著为正,说明对于空气污染程度越严重的地区,共享单车平台的碳减排效应越弱。第(3)列采用公众对环境污染的百度搜索指数来衡量公众环境关注度^①,构建与共享单车变量的交互项。结果显示,交互项系数在 1% 的水平上显著为负,说明公众环保意识越强,共享单车平台进驻城市的碳减排效应就越强。公众的环保意识越强,共享单车出行越便利,共享单车作为绿色出行方式的使用率就越高,进而能更大限度发挥其碳减排效应。在日常生活中,共享单车发挥其接驳功能,通常与轨道交通结合满足人们的通勤便利需求。因此,对于轨道交通发达的地区,共享单车搭配地铁使用,能够节约通勤时间,促使公众增强使用共享单车的意愿,进而发挥更强的碳减排效应(Fan 和 Zheng, 2020; 肖倩冰等, 2021)。空气污染程度的加剧会降

① 该指数根据“环境污染”作为关键词的百度搜索指数构造。

低人们对共享单车的出行需求(相博等,2018),当雾霾越严重时,公众出于对自身健康的考虑,会降低共享单车外出骑行的意愿,从而弱化了共享单车的碳减排效应。而公众环保意识越强,其使用共享单车作为绿色出行方式的意愿也会增强,促进了共享单车碳减排效应的发挥。

表 3 机制检验:共享单车的使用意愿			
变量	(1)	(2)	(3)
	$\text{Ln}(CO_2_per_capita)$	$\text{Ln}(CO_2_per_capita)$	$\text{Ln}(CO_2_per_capita)$
<i>Entry</i>	-0.003 (0.002)	-0.007*** (0.002)	0.002 (0.003)
<i>Entry</i> × <i>Ln(rail)</i>	-0.004*** (0.001)		
<i>Ln(rail)</i>	0.006 (0.008)		
<i>Entry</i> × <i>Ln(PM2.5)</i>		0.027*** (0.008)	
<i>Ln(PM2.5)</i>		-0.010 (0.019)	
<i>Entry</i> × <i>Ln(PEC)</i>			-0.009*** (0.003)
<i>Ln(PEC)</i>			-0.006 (0.004)
常数项	-2.057*** (0.020)	-2.069*** (0.019)	-2.074*** (0.021)
控制变量	是	是	是
城市固定效应	是	是	是
年份-月度固定效应	是	是	是
样本量	10656	10656	10476
调整 R ² 值	0.999	0.999	0.999

注:同表 1。

(五)异质性分析

共享单车平台进驻城市属于共享单车企业的市场化行为,其碳减排效应与城市本身的宏观环境息息相关。本文拟从环境规制强度、数字经济发展水平、科技创新水平三方面探究共享单车碳减排效应的异质性。地方环境规制强度能够提高绿色监管强度和减排压力,倒逼企业绿色转型(张华和魏晓平,2014),实现城市碳减排。以云计算、大数据为代表的数字经济助推了共享经济的发展。数字技术在产业和社会发展领域的融合,直接促进了共享时代二手商品交易和共享住宿等经济模式和商业模式创新(王勇等,2023)。同时,基于协作消费(Collaborative Consumption)理论,现代信息技术的快速发展推动了共享经济迅速扩张。科技创新能够推动城市数字化发展,为共享经济提供新的发展契机。因此,本文引入地级市政府工作报告中环保相关关键词词频、污染治理项目年度投资额占 GDP 比重来衡量环境规制强度,采用城市互联网使用率、数字普惠金融指数来衡量城市数字经济发展水平,使用地区专利申请数量来反映城市科技创新水平,验证环境规制、数字经济、科技创新三方面因素是否会对共享单车平台进驻与城市碳排放的关系存在异质性作用。

表 4 的第(1)列和第(2)列分别展示了使用地级市政府工作报告中环保相关关键词词频、污染治理项目年度投资额占 GDP 比重作为环境规制强度指标进行交乘的结果。地级市污染治理项目

年度投资额数据来源于中国环保部和中国国家统计局。结果显示,交互项的系数均在5%的水平上显著为正,这表明当政府工作报告中对环保相关的词汇提及次数越少,政府对污染治理项目的投资力度越小时,共享单车平台进驻城市的碳减排效应就越强。该结果表明,共享单车作为市场机制,能够作为地方环境规制发挥效应的替代机制,减少城市人均碳排放。因此,当地区环境规制强度较弱时,共享单车能够成为地区环境治理的替代机制,发挥碳减排效应。

表4的第(3)列和第(4)列分别展示了使用地区数字普惠金融指数、互联网使用率作为数字经济发展水平进行交乘的结果。数字普惠金融指数来源于北大数字金融研究中心,互联网使用率采用国际互联网用户数占年末户籍人口数的比重来衡量。结果显示,交互项的系数均在1%的水平上显著为负,这表明地区互联网普及率越高,数字经济发展水平越高,共享单车的碳减排效应越明显。城市数字经济高质量发展发挥正向调节作用,为共享经济提供了有利的数字化信息环境和大数据资源,带动共享经济蓬勃发展,增强共享单车的碳减排效应。

表 4 异质性分析:环境规制强度、数字经济发展水平与科技创新

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	环境规制强度		数字经济发展水平		科技创新
	Ln(CO ₂ _per_ capita)	Ln(CO ₂ _per_ capita)	Ln(CO ₂ _per_ capita)	Ln(CO ₂ _per_ capita)	Ln(CO ₂ _per_ capita)
Entry	-0.006*** (0.002)	-0.007** (0.003)	0.012*** (0.004)	0.002 (0.003)	0.002 (0.003)
Entry×Ln(ER)	4.460** (1.731)				
Ln(ER)	0.314 (0.844)				
Entry×Ln(ER ₂)		3.305** (1.634)			
Ln(ER ₂)		-1.777 (1.439)			
Entry×Ln(digital_eco)			-0.143*** (0.032)		
Ln(digital_eco)			-0.113*** (0.033)		
Entry×Ln(internet)				-0.021*** (0.005)	
Ln(internet)				0.007 (0.004)	
Entry×Ln(patent)					-0.006*** (0.002)
Ln(patent)					0.003 (0.002)
常数项	-2.059*** (0.023)	-1.843*** (0.031)	-2.038*** (0.022)	-2.044*** (0.022)	-2.053*** (0.020)
控制变量	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是
年份-月度固定效应	是	是	是	是	是
样本量	10512	4032	10584	10656	10656
调整 R ² 值	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999

注:同表1。

表4的第(5)列展示了采用科技创新水平进行交乘的结果。地区专利申请数量来源于《中国城市统计年鉴》,缺失值采用ARIMA法填补。结果显示,交互项的系数在1%的水平上显著为负,这表明共享单车的碳减排效应随着科技创新水平的提高而增强。科技创新水平的提高能够促进经济低碳可持续增长。新一代数字技术的创新将提供强大的网络支撑能力,深入挖掘数据价值,为共享经济的发展提供新动能,激励共享单车碳减排效应的有效发挥。

此外,本文进一步探讨了不同的共享单车平台进驻数量给城市碳排放量带来的影响差异(曹光宇等,2023)。我们根据城市已进驻共享单车平台的数量,将基准回归中的 $Entry_{i,y,m}$ 变量进一步区分为“单一共享单车平台进驻”(Single Entry)和“两家共享单车平台共同进驻”(Joint Entry)两个虚拟变量。当城市有两家共享单车共同进驻时,选择ofo小黄车和Mobike两家平台中较晚进驻城市的时间(年月)作为该城市共同进驻事件发生的时间,回归结果如表5所示。在表5中,第(1)列未控制前定城市特征变量,第(2)列进一步控制了不随时间变化的前定城市特征变量与年度固定效应的交互项。回归结果发现,如果将共享单车平台进驻数量进行区分,Single Entry的估计系数均较小且不显著,而Joint Entry的估计系数均在1%的水平上显著为负。这表明两家共享单车平台共同进驻时的二氧化碳减排效应更加显著,这一结果也与曹光宇等(2023)的研究结论相一致。

表5 异质性分析:共同进驻与单一进驻

变量	(1)	(2)
	$\ln(CO_{2_per_capita})$	$\ln(CO_{2_per_capita})$
Single Entry	-0.000 (0.002)	0.002 (0.002)
Joint Entry	-0.016*** (0.004)	-0.009*** (0.003)
常数项	-2.012*** (0.000)	-2.071*** (0.019)
控制变量	否	是
城市固定效应	是	是
年份-月度固定效应	是	是
样本量	10656	10656
调整R ² 值	0.999	0.999

注:同表1。

(六)进一步分析:共享单车平台进驻对环境与经济福利的影响测算

在这一部分,我们基于模型回归的估计结果测算共享单车平台进驻对当地环境与经济福利产生的影响。对环境福利方面的影响,以表1基准回归结果中第(2)列的估计结果作为测算依据。其中,共享单车平台进驻Entry的估计系数为-0.006,同时在本文样本中,城市月度人均二氧化碳排放量均值为0.198吨,因此共享单车平台进驻对城市年度人均二氧化碳减排量约为0.014吨,同时样本中城市年末户籍人口均值约为435万人,因此可计算得出共享单车平台进驻对城市年度二氧化碳的减排量约为6.200万吨。此外,已有文献发现当两家共享单车企业共同进驻同一城市时,会促进共享单车市场的成长与使用(Cao等,2021),若以表5的回归结果中第(2)列的估计结果进行测算,当城市有两家共享单车平台共同进驻时,对城市年度二氧化碳的减排量约为9.300万吨。Cao和Shen(2019)基于2017年5月10~24日Mobike共享单车在北京的轨迹数据并考虑气候变化因素,预测2017年Mobike共享单车对北京的二氧化碳减排量可能达到37.5~787万吨。而

Zhang 和 Mi(2018)在利用 Mobike 共享单车行程数据的基础上,进一步考虑 Mobike 公司的市场份额,以 2016 年 8 月为样本区间推算得到 2016 年上海市共享单车环境总效益为减少二氧化碳排放 2.524 万吨。由于本文的研究对象中包含更多城市地区,同时相较已有文献也涵盖了更长的时间区间,因此依据实证结果测算的环境效益与已有文献相比存在一定合理性。

对经济福利方面的影响,参考 Cao 和 Shen(2019)中对共享单车二氧化碳减排经济效益的计算方法,假设汽车每消耗一升汽油会释放 2.230 千克二氧化碳,每升汽油的平均成本为 7.000 元,以表 1 基准回归结果中第(2)列的估计结果作为测算依据,平均而言,共享单车平台进驻每年可减少城市二氧化碳排放的经济收益约为 1.950 亿元。类似地,若考虑到两家共享单车平台进驻产生的市场扩张效应,以表 5 的回归结果中第(2)列的估计结果进行测算,当城市有两家共享单车平台共同进驻时,共享单车平台进驻每年平均可减少城市二氧化碳排放的经济收益约为 2.920 亿元,均具有显著的经济效益。

五、研究结论与政策启示

本文基于 2015~2017 年中国城市特征面板数据和月度二氧化碳排放数据,控制城市固定效应和月度时间固定效应,利用交错双重差分模型和倾向得分匹配法实证检验了共享单车平台进驻对城市人均二氧化碳排放量的影响。本文结论表明,共享单车平台进驻显著降低了城市人均碳排放量,且该碳减排效应具有一定的时间持续性。机制检验表明,共享单车可以通过对地区交通工具的替代效应和公众偏好共享单车出行的增强效应两条路径来实现城市碳减排。对于公共交通运输量大以及私人汽车拥有量多的地区,共享单车能够作为替代性交通工具,减缓交通堵塞,降低交通运输过程中带来的碳排放。同时,公众对共享单车出行方式的偏好越强,共享单车的碳减排效应就越强。当公众环保意识越强,其使用共享单车作为绿色出行方式的偏好也会增强。对于轨道交通发达的地区,“共享单车+轨道交通”的出行组合增强了人们对共享单车的偏好,而当 PM_{2.5} 污染严重时,人们会降低使用共享单车出行的偏好。异质性分析表明,共享单车作为市场机制对政府环境规制发挥效应具有一定的替代作用,政府环境规制强度越弱的地区,共享单车的碳减排效应越强;数字经济发展水平对共享单车碳减排效应具有正向调节作用,且数字经济高质量发展的地区其共享经济的碳减排效应越强;科技创新水平较高的城市可以为共享经济发展提供新动能,显著增强共享单车的碳减排效应;两家共享单车平台共同进驻比只有一家共享单车平台进驻时的二氧化碳减排效应更加显著。

本文的研究结论可为新时期发展共享经济、促进城市低碳减排、实现经济高质量发展提供有益的政策启示。第一,推动共享单车平台的发展,积极发挥共享经济对碳减排的促进作用。本文的研究结论表明,共享单车进驻城市对减少城市人均二氧化碳排放量具有正面影响。在推进双碳目标的实现过程中,应充分发挥共享单车平台这一创新商业模式的积极作用,借助平台效应促进全民自发地进行交通方式的低碳化转型,深入推进环境污染防治和温室气体减排工作,例如扩大共享单车的投放区域、合理规划自行车道和人行道、推动城市“绿道”建设,从而提高人们对共享单车的使用意愿。同时,共享单车企业也应积极借助大数据平台优势实现精细化运营,定期维护共享单车,降低共享单车耗损率,对共享单车进行迭代升级,使其更加绿色环保轻便,提高共享单车的使用便利性,从而增强人们对共享单车的使用意愿,增进社会福利,减少城市二氧化碳排放量。

第二,深入挖掘共享单车的使用场景,发挥“轨道交通+共享单车”的协同作用促进城市低碳减排。本文研究指出共享单车具有接驳功能,对轨道交通发达的地区,其与轨道交通的出行组合能够

增强人们在选择出行方式时对共享单车的使用意愿,而这种组合能够进一步发挥共享单车的二氧化碳减排效应。因此,在倡导共享单车使用的同时,也应积极拓宽共享单车的使用场景,充分发挥其接驳功能,与轨道交通接力配合。如利用骑行大数据,针对不同区域人们的活动轨迹投放不同类型的共享单车,满足人们通勤便利的需求,提高共享单车使用率,同时在地铁站等轨道交通站点附近增设共享单车停放区域,解决“最后一公里”难题,进而加快推进城市低碳减排目标的实现。

第三,加强低碳环保生活理念的宣传,培养民众的环保意识,自发性地发挥共享单车的二氧化碳减排效应。正如本文结论所言,共享单车作为绿色交通出行的方式之一,当公众对环境的关注度越高,就会更加偏好绿色低碳的交通出行方式,其对于共享单车的使用意愿也会增强,进而自发地发挥共享单车的二氧化碳减排效应。因此,政府和媒体可以加强宣传低碳环保的生活理念,强调环境保护和温室气体减排的重要性和必要性,带动社会风气向绿色化、低碳化转型,使民众将低碳环保的理念自然应用到日常出行中,进而推动共享单车碳减排效应的发挥。

第四,与政府环境规制政策相互配合,将共享单车作为市场性调节工具发挥二氧化碳减排效应。共享经济更多由运营商推动,本文的结论表明共享经济平台作为市场机制也能够发挥低碳减排的正外部性。因此,政策制定者应优化环境治理政策体系建设,协调发挥政府政策和市场机制“两只手”的作用,实现城市低碳减排和经济高质量发展的双赢。

第五,强化数字经济和科技创新对发展共享经济的重要作用。共享经济的发展壮大离不开数字经济和科技创新的助力,共享经济的二氧化碳减排效应随数字经济水平和科技创新水平的提高而增强。因此,政策制定者应积极鼓励科技创新和数字化转型,促进数字经济与共享经济相互融合、相互渗透,推动中国经济低碳化、数字化、智能化转型升级。

第六,规范发展共享经济,助力双碳目标的实现。一段时间以来,伴随共享单车进驻城市而产生的一些社会不文明现象也引发了学术界和社会界人士的广泛讨论。由于共享经济项目具有准公共品属性,而监管缺位和信用保证缺失造成的企业恶性竞争和消费者的机会主义行为则凸显了共享经济的负外部性。根据前文所述,共享经济对于促进城市减少二氧化碳排放具有重要的积极作用。因此,随着中国共享经济的发展形式更加多元化,政府有关部门应出台相关监管政策,规范共享经济的发展、充分利用其正外部性,既要引导共享单车的供给者良性竞争,也要约束共享单车的需求者文明使用,促进共享经济的有序发展。

参 考 文 献

- [1]蔡朝林.共享经济的兴起与政府监管创新[J].南方经济,2017,(3):99~105.
- [2]崔铁宁,鲁婷.城市公共自行车自愿碳减排机制初探——以北京市为例[J].气候变化研究进展,2016,12(2):112~117.
- [3]曹光宇,周黎安,刘畅,周璟鑫.共享单车平台进驻对城市空气质量的影响[J].经济学(季刊),2023,23(2):801~817.
- [4]陈登科.贸易壁垒下降与环境污染改善——来自中国企业污染数据的新证据[J].经济研究,2020,55(12):98~114.
- [5]陈诗一.中国各地区低碳经济转型进程评估[J].经济研究,2012,47(8):32~44.
- [6]陈诗一.低碳经济[J].经济研究,2022,57(6):12~18.
- [7]程叶青,王哲野,张守志,叶信岳,姜会明.中国能源消费碳排放强度及其影响因素的空间计量[J].地理学报,2013,68(10):1418~1431.

- [8]郭鹏,林祥枝,黄艺,涂思明,白晓明,杨雅雯,叶林.共享单车:互联网技术与公共服务中的协同治理[J].公共管理学报,2017,14(3):1~10.
- [9]何晓萍,刘希颖,林艳苹.中国城市化进程中的电力需求预测[J].经济研究,2009,44(1):118~130.
- [10]何小钢,盖嘉辉.通向智能化低碳之路:智慧城市的减碳效应[J].中国经济学,2022,(4):154~180+292~294.
- [11]黄赶祥,张薇,徐迪.共享单车对我国主要城市交通拥堵的影响[J].交通运输系统工程与信息,2023,23(2):300~306.
- [12]陆铭,冯皓.集聚与减排:城市规模差距影响工业污染强度的经验研究[J].世界经济,2014,37(7):86~114.
- [13]林伯强,刘希颖.中国城市化阶段的碳排放:影响因素和减排策略[J].经济研究,2010,45(8):66~78.
- [14]李锴,齐绍洲.贸易开放、经济增长与中国二氧化碳排放[J].经济研究,2011,46(11):60~72.
- [15]刘冲,沙学康,张妍.交错双重差分:处理效应异质性与估计方法选择[J].数量经济技术经济研究,2022,39(9):177~204.
- [16]梁若冰,席鹏辉.轨道交通对空气污染的异质性影响——基于RDID方法的经验研究[J].中国工业经济,2016,(3):83~98.
- [17]钱浩祺,吴力波,任飞州.从“鞭打快牛”到效率驱动:中国区域间碳排放权分配机制研究[J].经济研究,2019,54(3):86~102.
- [18]石大千,丁海,卫平,刘建江.智慧城市建设能否降低环境污染[J].中国工业经济,2018,(6):117~135.
- [19]邵帅,张可,豆建民.经济集聚的节能减排效应:理论与中国经验[J].管理世界,2019,35(1):36~60+226.
- [20]谌仁俊,谢欢艳,林宇聪.推行共享单车和轨道交通是否改善了空气质量:以武汉为例[J].中国地质大学学报(社会科学版),2018,18(4):95~110.
- [21]王勇,靳开元,张玮艺,孙震.数字信用与在线社交对共享经济发展的影响——基于线上二手商品市场的分析[J].数量经济技术经济研究,2023,40(1):172~191.
- [22]王振坡,康海霞,王丽艳.共享单车对居民通勤方式选择的影响研究——基于天津市微观调查与大数据的实证分析[J].城市发展研究,2019,26(10):57~66.
- [23]王磊,王雪利,杨文毅,王嵩.汽车共享出行减少空气雾霾了吗?——基于滴滴出行大数据[J].中国人口·资源与环境,2021,31(1):145~155.
- [24]吴力波,杨眉敏,孙可驾.公众环境关注度对企业和政府环境治理的影响[J].中国人口·资源与环境,2022,32(2):1~14.
- [25]王群伟,周鹏,周德群.我国二氧化碳排放绩效的动态变化、区域差异及影响因素[J].中国工业经济,2010,(1):45~54.
- [26]肖倩冰,陈林,裴丹.智慧城市之共享经济与环境治理——以共享单车低碳出行为例[J].中国软科学,2021,(9):172~181.
- [27]相博,陈可可,田龙伟.共享经济视角下新型绿色交通的个体需求影响因素分析——以共享单车为例[J].大连理工大学学报(社会科学版),2018,39(2):80~88.
- [28]许文立,孙磊.市场激励型环境规制与能源消费结构转型——来自中国碳排放权交易试点的经验证据[J].数量经济技术经济研究,2023,40(7):133~155.
- [29]朱富强.共享经济的现代发展及其潜在问题:以共享单车为例的分析[J].南方经济,2017,(7):37~50.
- [30]郑贺允,葛力铭.资源型城市可持续发展对碳排放的影响研究——基于资源依赖的视角[J].中国环境科学,2022,42(6):2955~2964.
- [31]周迪,彭小玲,黄晴.命令型环境规制能否推动企业研发创新活动?——以“大气十条”为例[J].科研管理,2022,43(10):81~88.
- [32]张华,魏晓平.绿色悖论抑或倒逼减排——环境规制对碳排放影响的双重效应[J].中国人口·资源与环境,2014,24(9):21~29.
- [33]郑思齐,万广华,孙伟增,罗党论.公众诉求与城市环境治理[J].管理世界,2013,(6):72~84.

- [34] Barrios J. M., Hochberg Y. V., Yi H., 2022, *Launching with A Parachute: The Gig Economy and New Business Formation* [J], *Journal of Financial Economics*, 144 (1), 22~43.
- [35] Barron K., Kung E., Proserpio D., 2021, *The Effect of Home-Sharing on House Prices and Rents: Evidence from Airbnb* [J], *Marketing Science*, 40 (1), 23~47.
- [36] Bertrand M., Mullainathan S., 2003, *Enjoying the Quiet Life? Corporate Governance and Managerial Preferences* [J], *Journal of Political Economy*, 111 (5), 1043~1075.
- [37] Callaway B., Sant'Anna P. H. C., 2021, *Difference-in-Differences with Multiple Time Periods* [J], *Journal of Econometrics*, 225 (2), 200~230.
- [38] Cao J., Ho M. S., Ma R., Tang F., 2021a, *When Carbon Emission Trading Meets a Regulated Industry: Evidence from the Electricity Sector of China* [J], *Journal of Public Economics*, 200, 104470.
- [39] Cao G., Jin G. Z., Weng X., Zhou L., 2021b, *Market-Expanding or Market-Stealing? Competition with Network Effects in Bike-Sharing* [J], *RAND Journal of Economics*, 52 (4), 778~814.
- [40] Cao Y., Shen D., 2019, *Contribution of Shared Bikes to Carbon Dioxide Emission Reduction and the Economy in Beijing* [J], *Sustainable Cities and Society*, 51, 101749.
- [41] Cengiz D., Dube A., Lindner A., Zipperer B., 2019, *The Effect of Minimum Wages on Low-Wage Jobs* [J], *Quarterly Journal of Economics*, 134 (3), 1405~1454.
- [42] Chen J., Zhou D., Zhao Y., Wu B., Wu T., 2020, *Life Cycle Carbon Dioxide Emissions of Bike Sharing in China: Production, Operation, and Recycling* [J], *Resources, Conservation and Recycling*, 162, 105011.
- [43] Chu J., Duan Y., Yang X., Wang L., 2021, *The Last Mile Matters: Impact of Dockless Bike Sharing on Subway Housing Price Premium* [J], *Management Science*, 67 (1), 297~316.
- [44] Fan Y., Zheng S., 2020, *Dockless Bike Sharing Alleviates Road Congestion by Complementing Subway Travel: Evidence from Beijing* [J], *Cities*, 107, 102895.
- [45] Farronato C., Fradkin A., 2022, *The Welfare Effects of Peer Entry: The Case of Airbnb and the Accommodation Industry* [J], *American Economic Review*, 112 (6), 1782~1817.
- [46] Felson M., Spaeth J. L., 1978, *Community Structure and Collaborative Consumption: A Routine Activity Approach* [J], *American Behavioral Scientist*, 21 (4), 614~624.
- [47] Goodman-Bacon A., 2021, *Difference-in-Differences with Variation in Treatment Timing* [J], *Journal of Econometrics*, 225 (2), 254~277.
- [48] Gu T., Kim I., Currie G., 2019, *To Be or Not to Be Dockless: Empirical Analysis of Dockless Bikes Development in China* [J], *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 119, 122~147.
- [49] Grossman G. M., Krueger A. B., 1995, *Economic Growth and the Environment* [J], *The Quarterly Journal of Economics*, 110 (2), 353~377.
- [50] Hamilton T. L., Wichman C. J., 2018, *Bicycle Infrastructure and Traffic Congestion: Evidence from DC's Capital Bikeshare* [J], *Journal of Environmental Economics and Management*, 87, 72~93.
- [51] Heinrichs H., 2013, *Sharing Economy: A Potential New Pathway to Sustainability* [J], *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 22 (4), 228~231.
- [52] Hu Y., Ren S., Wang Y., Chen X., 2020, *Can Carbon Emission Trading Scheme Achieve Energy Conservation and Emission Reduction? Evidence from the Industrial Sector in China* [J], *Energy Economics*, 85, 104590.
- [53] Huang G., Zhang W., Xu D., 2022, *How Do Technology-Enabled Bike-Sharing Services Improve Urban Air Pollution? Empirical Evidence from China* [J], *Journal of Cleaner Production*, 379, 134771.
- [54] Kim K., Baek C., Lee J. D., 2018, *Creative Destruction of the Sharing Economy in Action: The Case of Uber* [J], *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 110, 118~127.
- [55] Liu Z., Jia X., Cheng W., 2012, *Solving the Last Mile Problem: Ensure the Success of Public Bicycle System in*

Beijing [J], *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 43, 73~78.

[56] Mi Z., Coffman D. M., 2019, *The Sharing Economy Promotes Sustainable Societies* [J], *Nature Communications*, 10 (1), 1214.

[57] Nian T., Zhu A., Gurbaxani V., 2021, *The Impact of the Sharing Economy on Household Bankruptcy* [J], *Management Information Systems Quarterly*, 45 (3), 1213~1248.

[58] Niu Z., Chai L., 2022, *Carbon Emission Reduction by Bicycle-Sharing in China* [J], *Energies*, 15 (14), 5136.

[59] Sun L., Abraham S., 2021, *Estimating Dynamic Treatment Effects in Event Studies with Heterogeneous Treatment Effects* [J], *Journal of Econometrics*, 225 (2), 175~199.

[60] Sun S., Ertz M., 2021, *Contribution of Bike-Sharing to Urban Resource Conservation: The Case of Free-Floating Bike-Sharing* [J], *Journal of Cleaner Production*, 280, 124416.

[61] Shaheen S. A., Guzman S., Zhang H., 2010, *Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia: Past, Present, and Future* [J], *Transportation Research Record*, 2143 (1), 159~167.

[62] Shr Y. H. J., Yang F. A., Chen Y. S., 2023, *The Housing Market Impacts of Bicycle-Sharing Systems* [J], *Regional Science and Urban Economics*, 98, 103849.

[63] Wang M., Zhou X., 2017, *Bike-Sharing Systems and Congestion: Evidence from US Cities* [J], *Journal of Transport Geography*, 65, 147~154.

[64] Yu Y., Dai C., Wei Y., Ren H., Zhou J., 2022, *Air Pollution Prevention and Control Action Plan Substantially Reduced PM_{2.5} Concentration in China* [J], *Energy Economics*, 113, 106206.

[65] Yu B., Ma Y., Xue M., Tang B., Wang B., Yan J., Wei Y., 2017, *Environmental Benefits from Ridesharing: A Case of Beijing* [J], *Applied Energy*, 191, 141~152.

[66] Yang X. H., Cheng Z., Chen G., Wang L., Ruan Z., Zheng Y., 2018, *The Impact of A Public Bicycle-Sharing System on Urban Public Transport Networks* [J], *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 107, 246~256.

[67] Zervas G., Proserpio D., Byers J. W., 2017, *The Rise of the Sharing Economy: Estimating the Impact of Airbnb on the Hotel Industry* [J], *Journal of Marketing Research*, 54 (5), 687~705.

[68] Zhang Y., Mi Z., 2018, *Environmental Benefits of Bike Sharing: A Big Data-Based Analysis* [J], *Applied Energy*, 220, 296~301.

[69] Zheng J., Mi Z., Coffman D., Milcheva S., Shan Y., Guan D., Wang S., 2019, *Regional Development and Carbon Emissions in China* [J], *Energy Economics*, 81, 25~36.

From the Sharing Economy to the Low Carbon Economy:

Evidence from the Entry of Bicycle Sharing Platforms

DAI Yunhao WANG Xiaoyun TONG Xinchu

(School of Economics, Huazhong University of Science and Technology)

Summary: As an important form of the digital economy, the sharing economy has widely penetrated into transportation, catering services, daily life, and other fields and is a booster to promote China's realization of the "carbon peaking and carbon neutrality" goal and high-quality economic and social development. However, regarding the social chaos caused by the arrival of sharing bicycles in cities, there is a lack of detailed and in-depth empirical research on the social and environmental benefits of this new economic model, and its causal identification mechanism on urban carbon dioxide emissions is still unclear. Therefore, this study focuses on the arrival of sharing bicycle platforms in cities and evaluates its

impact on urban monthly carbon dioxide emissions.

Using panel data on urban characteristics and monthly carbon dioxide emissions from 2015 to 2017, the study conducts a quasi-natural experiment of the introduction of a bicycle sharing platform to urban areas and employs a staggered difference-in-difference model to evaluate the impact of the bicycle sharing platform on per capita carbon dioxide emissions in the city. It is found that the bicycle sharing platform significantly reduces urban per capita carbon dioxide emissions on the whole. The mechanism analysis reveals that the bicycle sharing platform has a carbon emission reduction effect mainly through the substitution effect of regional transportation and the preference of the public for shared bicycles. The heterogeneity analysis reveals that the carbon reduction effect of bicycle sharing is stronger in areas with lower environmental regulatory intensity, a higher degree of digital economic development, a greater level of technological innovation, and the co-location of two bicycle sharing companies.

The contribution of this study is mainly reflected in the following two aspects. First, it supplements the environmental and economic benefits generated by the sharing economy. This study mainly takes the settlement of the bicycle sharing platform as a quasi-natural experiment to investigate its impact on the emission reduction of urban per capita carbon dioxide emissions. Moreover, unlike the estimation or measurement of some literature based on individual cities, it takes Chinese cities as the research object and uses the contingency of the time the bicycle sharing platform entered each city to identify using the staggered difference-in-difference model, making the research conclusions more representative. Second, it discusses the impact of the sharing economy on the development of low-carbon transformation of Chinese cities from the perspective of the sharing economy. As the settlement of the bicycle sharing platform is more driven by the supply of operators, this study uses the settlement of the bicycle sharing platform in cities as an example to identify the cause and effect, providing evidence for how the market mechanism helps with low-carbon transformation.

The conclusions of this study broaden the effect evaluation of the settlement of bicycle sharing platforms in cities, explain how bicycle sharing reduces carbon emissions, and provide beneficial policy enlightenment for the development of the sharing economy to improve urban carbon emissions. It recommends that the government should actively supervise and manage such platforms. On the one hand, the government should carry out overall management of the development mode of sharing economy platforms to promote the orderly development of the sharing economy. On the other hand, the government should establish a unified personal credit evaluation system to guide and standardize consumer behavior. The government should also strengthen government-enterprise cooperation, encourage the integrated development of the sharing economy platforms and traditional industries, and actively carry out international exchanges and cooperation. Finally, the government should improve the policy system of environmental governance and play the important role of supervising the digital economy and the sharing economy to achieve the dual carbon goals in cities.

Keywords: Sharing Economy; Shared Bike; Green Transformation; CO₂ Emissions

JEL Classification: Q51; Q53; R40

(责任编辑:焦云霞)