

智慧城市建设对空气质量的影响

——一项准自然实验研究

祁 绩 易艳春 程 沛 耿奕歆

【摘 要】以 2008 年至 2017 年我国 197 个地级市的面板数据为基础,将智慧城市试点政策作为一项准自然实验,研究智慧城市建设对当地空气质量的影响。实验结果显示,智慧城市建设对 CO₂ 和 SO₂ 排放量的减少都具有显著效果。经过安慰剂检验以及其他一系列稳健性检验,结果依然稳健。其中,异质性分析结果表明,经济相对发达的东部地区试点城市的空气质量改善效果优于中西部地区。由实验得到的政策启示是:在现有基础上推动智慧城市建设向更高水平发展,在智慧城市建设过程中优化地区间产业协同联动,为实现碳中和与碳达峰目标做出贡献。

【关键词】智慧城市;空气质量;双重差分法;异质性检验

一、引言

物联网、云计算、大数据等信息技术的迅猛发展,为城市发展模式由传统型向智慧型转变提供了技术支持。智慧城市是现代城市的发展之路,其概念源于美国 IBM 公司提出的“智慧地球”理念,其宗旨就是充分利用信息通信技术,智慧地感知、分析、集成和应对城市在行使

市场监管、经济调节、社会管理和公共服务等职能中的需求和相关活动,包括智慧地解决传统型城市发展模式带来的环境污染等各种“城市病”问题。

为应对普遍存在且日益加剧的“城市病”问题,我国正在逐步推行智慧城市建设相关政策。2012 年 11 月 22 日,住房和城乡建设部办公厅下发《关于开展国家智慧城市试点工

作者简介:祁绩,湖北师范大学经济管理与法学院硕士研究生。研究方向:环境经济学。易艳春,湖北师范大学经济管理与法学院教授、硕士生导师。研究方向:环境经济学。程沛,湖北师范大学经济管理与法学院硕士研究生。研究方向:区域经济学。耿奕歆,湖北师范大学经济管理与法学院硕士研究生。研究方向:环境经济学。

作的通知》，之后又相继公布了三批国家智慧城市试点名单，涉及290个城市（区、县、镇）^①。2014年8月，国家发展改革委、工业和信息化部等八部委印发《关于促进智慧城市健康发展的指导意见》，提出“走集约、智能、绿色、低碳的新型城镇化道路”的总体要求，将“生活环境宜居化”作为智慧城市建设的主要目标之一^②。2016年之后，国家大力推进智慧城市由概念向实践的转化，相继出台《智慧城市顶层设计指南》《智慧城市技术参考模型》《智慧城市评价模型及基础评价指标》等标准和文件。

伴随城市化建设进程，中国在经历了经济长期高速增长之后，环境质量明显下降，环境污染事件频发，严重影响了经济的高质量发展、公众健康和人民的正常生活。《2020中国生态环境状况公报》显示，在全国337个地级及以上城市中，环境空气质量超标城市比例为40.1%。累计发生严重污染345天，比2019年减少107天；重度污染1152天，比2019年减少514天^③。从历年的统计数据来看，环境质量虽然逐年好转，但是受到污染的城市环境仍然给市民的生产生活带来了诸多负面影响。解决城市化过程中环境恶化这一棘手问题迫在眉睫，且任重道远，因此党和政府将环境治理这一任务提升到一个新高度。党的十八大正式提出“五位一体”总体布局，生态文明建设是“五位一体”总体布局之一；党的十九大提出，要为全面建成小康社会

会坚决打好三大攻坚战，其中就包括污染防治攻坚战，要求推进绿色发展，着力解决突出环境问题。我国政府治理环境的决心以及我国环保相关政策的延续性由此可见一斑。

智慧城市建设深入推进，国家对改善环境持续关注，那么智慧城市试点政策的实施与环境改善有怎样的关系，能否解决传统城市化发展模式中的环境污染等问题，都是亟待研究的课题。为了探讨智慧城市建设对试点地区空气污染有何影响，本文将2012年开始实施的智慧城市试点政策作为一项准自然实验，以2008年至2017年我国197个地级市的面板数据为基础，运用双重差分法（Difference-in-Difference, DID）并与倾向得分匹配法（Propensity Score Matching, PSM）相结合，对智慧城市建设与CO₂、SO₂排放量之间的关系进行实证研究，进而根据实证结果提出相应的政策建议，希望能为我国实现“双碳”目标提供思路。

二、文献综述

对已有文献进行梳理后发现，与本文密切相关的研究主要涉及两方面内容，一是政策实施对城市空气质量的影响，二是智慧城市建设对当地各方面的影响。

关于政策实施对城市空气质量的影响，相关研究主要分成两种观点。一种观点认为，相关政策推动下的城市建设有助于减少城市空气污

①住房和城乡建设部于2013年1月、2013年8月和2015年4月先后公布了2012年度、2013年度和2014年度三批次国家智慧城市试点名单，分别有90个城市、103个城市、97个城市入选。参见：

杜宇.住房城乡建设部公布90个国家智慧城市试点名单[EB/OL].(2013-01-29)[2022-05-23].http://www.gov.cn/jrzq/2013-01/29/content_2322218.htm.

陈炜伟,杜宇.住房城乡建设部公布103个国家智慧城市试点名单[EB/OL].(2013-08-05)[2022-05-23].http://www.gov.cn/jrzq/2013-08/05/content_2461575.htm.

宗边.97个城市入选国家智慧城市试点名单 41个项目被确定为专项试点 [EB/OL].(2015-04-14)[2022-05-23].https://www.mohurd.gov.cn/xinwen/gzdt/201504/20150414_220664.html.

②参见：中华人民共和国生态环境部.中国生态环境状况公报·2020中国生态环境状况公报[EB/OL].(2021-05-26)[2022-05-23].<https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/>.

染。张艳等在对资源型城市可持续发展政策的研究中发现,该政策可以显著促进碳排放的减少,且生活质量提高是这一政策生效的一个重要机制^[2]。张国兴等以我国五大城市群为例开展研究,发现城市群建设能显著降低城市 $PM_{2.5}$ 等的浓度,改善空气质量^[3]。另一种观点则认为,政策效果在不同地区会有所差异。冉启英等基于我国地级市层面的数据,运用 DID 和 PSM-DID 模型对创新型城市建设的环境治理效应进行评估,认为创新型城市建设对雾霾污染物的抑制效果在中部地区城市最显著,但是在西部地区没有明显的抑制作用^[4]。张亚丽等对我国不同省份的排污权交易机制进行研究后发现,排污权交易的实施会产生环境不平等效应:在市场化程度以及环境规制强度越高的地区,排污权交易机制所产生的环境不平等效应越强^[5]。

以智慧城市建设对当地的影响为主题的研究相对较多,涉及城市建设的方方面面,包括绿色发展、创新水平、产业结构等。具体而言,在智慧城市建设与绿色发展方面,张荣博等对我国县域层面的数据进行研究后发现,智慧城市政策的实施有助于降低县域碳排放规模;进一步的分析结果表明,我国县域 CO_2 的排放符合环境库兹涅茨倒“U”型曲线的假说^[6]。黄和平等以我国地级市数据为基础,运用双重差分法探讨智慧城市建设对碳排放强度的影响,认为智慧城市建设显著降低了地区碳排放强度,且产业结构升级是其发挥效果的主要途径^[7]。在智慧城市与创新水平方面,武力超等研究认为,智慧城市政策可以促进试点地区显著提高绿色技术创新水平;进一步的分析还表明,在金融发展水平和经济外向型水平低、人力资本水平高的城市,智慧城市建设对绿色技术创新的促进作用更为显著^[8]。张龙鹏等借助双重差分模型进行研究,发现智慧城市建设显著提高了城市创新能力,而异质性分析表明,人力资本水平越高的城市这一效果越明显^[9]。在智慧城市与产业结构升

级方面,张阿城等对我国 164 个地级市的面板数据进行研究,发现智慧城市政策对城市产业结构高级化水平的提升有显著效果,但是对产业结构合理化水平没有改善效果^[10]。蒋选等则认为,智慧城市政策对试点城市的产业结构升级具有促进作用,而且地区异质性分析显示,这种促进作用对欠发达地区的影响更大^[11]。

综上,对各种政策在改善环境方面的效果进行评估的文献,以及对智慧城市政策在城市建设各方面所产生的影响进行研究的文献均较为丰富,但是对智慧城市政策在改善环境方面的效果本身进行研究的文献相对较少。为数不多的几篇文献也只是选择某一类污染物数据进行研究,且大多采用单期 DID 的研究方法,对于智慧城市试点这一分批实施的政策而言,缺乏足够的说服力。如今正是生态文明建设和实现“双碳”目标的关键时期,亟需社会各界共同努力,而智慧城市建设作为城市建设的重要政策,其在推行过程中对环境所产生的影响同样不容忽视,因此,系统合理地评估智慧城市建设对空气质量的影响具有重要价值。本文在已有研究的基础上,以智慧城市建设与环境之间的关系为切入点,采用多期 DID 的研究方法对试点智慧城市的环境改善效果进行评估。

本文可能的边际贡献包括:在研究方法上,采用多期 DID 作为基准回归方法,同时采用 PSM-DID 等方法进行稳健性检验,以解决内生性问题,保证回归结果的可信度和准确性;在研究内容上,以智慧城市建设与环境之间的关系为切入点,研究视角比较新颖,在研究方法上也不同于已有文献大多采用的定性分析法,可弥补定量研究偏少的不足,丰富智慧城市的实证研究。

三、模型与数据

(一)模型设定

为研究智慧城市建设给试点地区环境改善

带来的政策效果,本文采用双重差分法(DID)。该方法克服了单重差分法忽视政策实施前后可能产生干扰的其他因素这一缺点,使结论更加准确可信。由于这一巨大优势,DID被广泛用于研究政策的实施效果;同时,借助这一方法,现有文献所普遍存在的内生性问题也可以得到很好的解决^[12]。

我国第一批智慧城市试点城市名单于2013年1月公布,随后又分别于2013年8月和2015年4月公布了两批新增试点城市名单。由于试点城市的批次大于一期,因此本文采用多期DID作为主要研究方法,探讨智慧城市政策对当地空气质量的影响。本文构建的DID模型如下:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 smartcity_{it} + \lambda X_{it} + \gamma_t + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, Y_{it} 表示*i*城市*t*年的污染物排放情况,包括CO₂和SO₂两类污染物排放量的对数值。用虚拟变量 $smartcity_{it}$ 代替常规的单期DID模型中的交互项 $treat \times time$,当其取值为1时,其含义为*i*城市在*t*年是智慧城市政策的试点城市;反之则表示不是试点城市。系数 β_1 为本文关心的智慧城市试点建设对于当地空气质量的影响,若该系数为正,说明试点政策的实施加剧了当地空气的污染程度;反之,则说明改善了当地的空气质量。 X_{it} 表示一组控制变量,包括城

市化率、二产占GDP比值、对外直接投资占GDP比值、人均GDP对数值、科技水平。 β_0 为常数项, γ_t 为年份固定效应, μ_i 为地区固定效应, ε_{it} 为随机误差项。

(二)变量和数据来源

1.被解释变量

本文选择CO₂和SO₂两类污染物的排放量数据作为被解释变量,用以衡量当地的空气质量。为了使数据更加平稳,对两类污染物排放量数据采用取自然对数的处理方式。

2.核心解释变量

本文选用的实验组样本为先后公布的三批智慧城市试点城市,并剔除了在设立试点时仅包括某个县或者区的地级市,其余非试点城市作为对照组,最终得到的实验组样本数为32个地级市。兹举例说明具体设定方式:武汉市是2012年度第一批智慧城市试点城市之一,因此将2012年之后其对应的核心解释变量 $smartcity_{it}$ 赋值为1,将2012年之前赋值为0。

3.控制变量

本文参照范德成等^[13]的研究成果,将城市化率、二产占GDP比值、对外直接投资占GDP比值、人均GDP对数值、科技水平作为控制变量(见表1)。

表1 变量描述性统计

变量名	含义	平均值	标准误	最小值	最大值	观测数
ln co2	CO ₂ 排放量对数值	3.261	0.675	0.981	5.441	1970
ln so2	SO ₂ 排放量对数值	10.55	0.972	4.522	13.35	1950
urban	城市化率	0.526	0.157	0.1105	0.9208	1970
sec_indu	二产占GDP比值	49.48	10.55	18.14	78.70	1970
fdi	对外直接投资占GDP比值	0.0240	0.0240	0	0.188	1970
ln_gdp	人均GDP对数值	10.79	0.699	8.653	15.68	1970
tech	科技水平	0.0220	0.0170	0.00100	0.185	1970

本文所用到的数据来源于2008年至2017年我国197个地级市的面板数据。各变量数据

来源于中国统计年鉴、中国科技统计年鉴、中国能源统计年鉴、中经网统计数据库、中国碳核算

数据库和各省份统计年鉴。其中,人均 GDP 换算为实际值(采用上年=100 的方法计算得到)。

四、实证结果

本节将首先报告基于模型(1)的基准回归结果,也就是智慧城市试点建设对减少空气污染的影响,随后以此为基础进行假设检验和稳健性检验,最后做异质性分析。

(一)基准回归

以模型(1)为基础的基准回归结果如表 2 所示。(1)列和(2)列反映了不添加任何控制变量条件下的回归结果,可以看到,核心解释变量 smartcity 对于 CO₂ 和 SO₂ 的回归系数均显著为

负。后续则在此基础上依次加入控制变量:(3)列和(4)列加入二产占 GDP 比值、人均 GDP 对数值;(5)列和(6)列加入城市化率、对外直接投资占 GDP 比值、科技水平。加入控制变量后,结果依然显著为负,且系数变化较小。从(5)列和(6)列的结果来看,智慧城市政策的实施对降低试点城市 CO₂ 和 SO₂ 两类主要空气污染物的排放量有显著效果。与非试点城市相比,这一政策的实施使试点城市 CO₂ 的排放量显著降低了 0.0331%,SO₂ 的排放量显著降低了 0.141%。这一结果表明,开展智慧城市建设有利于改善当地的空气质量,达到“走集约、智能、绿色、低碳的新型城镇化道路”的总体要求。

表 2 基准回归

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	CO ₂	SO ₂	CO ₂	SO ₂	CO ₂	SO ₂
smartcity	-0.0326***	-0.161***	-0.0331***	-0.162***	-0.0331***	-0.141***
	(0.00855)	(0.0477)	(0.00842)	(0.0478)	(0.00848)	(0.0479)
sec_indu			0.00269***	0.00281	0.00269***	0.00219
			(0.000384)	(0.00220)	(0.000385)	(0.00219)
ln_gdp			0.00998**	-0.000537	0.00953**	-0.0207
			(0.00394)	(0.0234)	(0.00405)	(0.0240)
urban					-0.0000172	0.917***
					(0.0375)	(0.212)
fdi					0.182	-0.895
					(0.116)	(0.657)
tech					-0.116	-0.772
					(0.209)	(1.184)
控制变量	否	否	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是	是	是
N	1970	1950	1970	1950	1970	1950
R ²	0.990	0.858	0.991	0.858	0.991	0.860

注:*,**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平下显著;括号中的数值为标准误。

(二)假设检验

上述结果表明,智慧城市建设有助于改善当地的空气质量。但是 DID 回归结果得以成立的前提是建立在一系列假设基础之上的,为了使研究结果更加可靠,本文将作进一步检验。

1.平行趋势检验

对实验组和对照组进行平行趋势检验,是保证 DID 结果可靠性的重要手段,其含义是:在没有政策干扰的条件下,实验组和对照组的变化趋势一致。本文借鉴 Jacobson 等^[14]提出的事件研究法构建模型,并加以检验。模型具体如下:

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{i=-4}^5 \beta_i smartcity_{it} + \lambda X_{it} + \gamma_t + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中,以政策实施之后的第一年为基准期, β_i 表示政策实施前后各期一系列系数的估计值,其余变量设定均与模型(1)相同。

模型(2)在 95%置信区间下 β_i 的回归结果如图 1 所示。图 1(a)和图 1(b)分别为 CO₂ 和 SO₂ 两类污染物作为被解释变量的平行趋势检验结果。由图 1 可见,在智慧城市试点政策实施之前,两类污染物的回归结果均不显著,因而满足平行趋势假设。CO₂ 的减排效果显现较早,自政策实施后第一年即开始显现;SO₂ 的减排效果具有滞后性,在政策实施两年后才显现。总体而言,智慧城市建设显著降低了试点城市的 CO₂ 和 SO₂ 两类污染物的排放量。

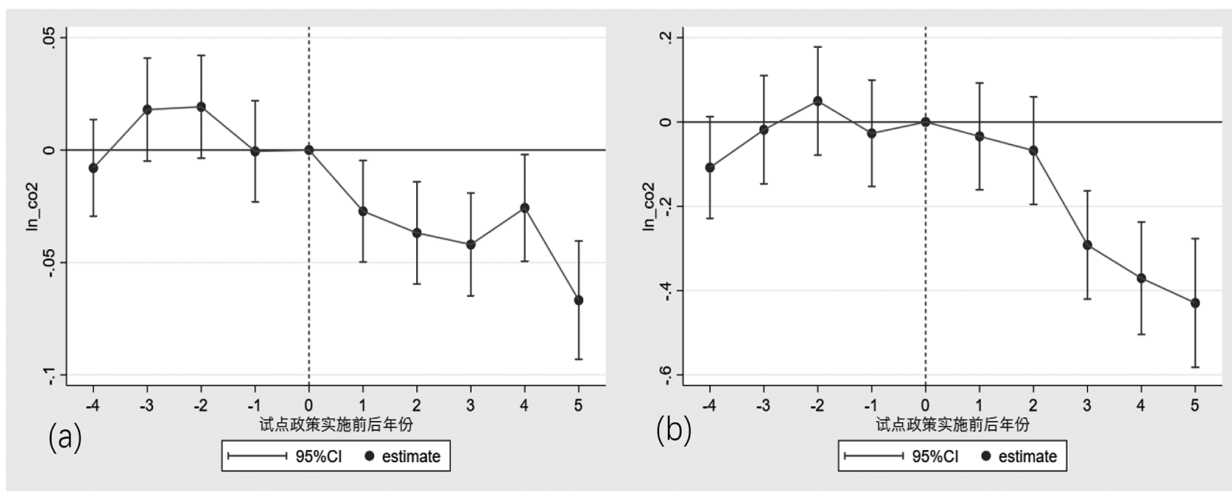


图 1 平行趋势检验

2.安慰剂检验

还有一些城市特征会随时间的推移而发生变化,但是不可观测,然而它们对于估计结果所产生的影响却是 DID 的重要干扰因素。为了解决这一问题,前文已经对时间固定效应和城市固定效应进行了控制,但是考虑到部分无法控制的特征可能产生的影响,此处借鉴 Eliana La Ferrara^[15]和 Pei Li^[16]等研究者的做法,采用间接的安慰剂方法对估计结果进行检验。这一方法的内在逻辑是:找到一个不会对估计结果产生影响的错误变量替代原有的实

验组,由于是随机产生,估计结果为 0 则说明原有估计模型无误;否则认为模型忽略了潜在的其他特征,并且这些特征会对回归结果产生影响。

接下来以表 2 的(5)列和(6)列为基础进行实验,根据得到的回归结果评判结论的可靠性。具体做法如下:随机生成试点城市名单,将这些城市作为实验组进行回归估计,并将这一过程重复 500 次。检验结果的回归系数和 p 值的分布结果如图 2 所示。可以看出,估计结果的系数集中分布在 0 附近,且回归系数与表 2 所显

示的 CO₂ 和 SO₂ 两类污染物的基准回归结果 (-0.0331、-0.141, 如图中竖线所示) 差距较大,

说明模型的设定不存在遗漏变量的问题。也就是说, 检验结果具有较强的稳健性。

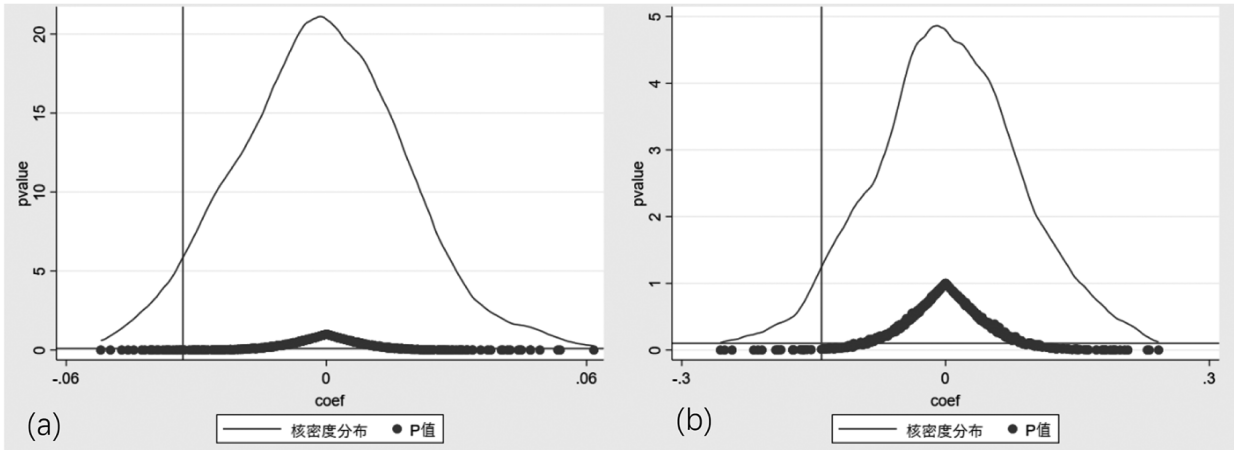


图2 安慰剂检验

(三)稳健性检验

为进一步确保研究结论的可信度, 此处同样以模型(1)为基础进行稳健性检验。相应的结果报告见表3。

首先, 考虑到可能存在因控制变量的反向因果所导致的内生性问题, 本文对所有控制变量做了滞后一期的处理, 然后进行回归, 结果如表3的(1)列和(2)列所示。从中可以看出, 智慧城市政策无论是对 CO₂ 还是 SO₂ 的减排, 效果均显著, 且其系数相对于表2的基准回归结果波动较小。

然后, 鉴于污染物测量可能存在误差和极端情况, 本文考察了 CO₂ 和 SO₂ 两类污染物的异常值对于估计结果的影响。表3的(3)列和

(4) 列分别对两类污染物的最大和最小 1%样本进行了剔除处理, 可以看到, 估计结果同样显著为负, 即基准回归结果依旧成立。

最后, 使用 PSM-DID 模型进行分析。由于试点城市的各方面条件可能优于非试点城市, 因此其样本可能存在选择性偏误问题。为了更科学地选择对照组, 本文结合倾向得分匹配法 (PSM) 检验在其他条件相似的情况下, 智慧城市试点建设对于当地空气质量的影响。本文采用最邻近 1:1 的匹配方式对样本城市进行匹配, 借助 logit 方法对处理组和控制组的倾向值进行估计。由表3的(5)列和(6)列可以看出, 核心解释变量 smartcity 的估计结果同样显著为负, 且变动较小。这进一步证明了基准回归结果的稳健性。

表3 稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	控制变量滞后一期		剔除异常值		PSM-DID	
	CO ₂	SO ₂	CO ₂	SO ₂	CO ₂	SO ₂
smartcity	-0.0276***	-0.130**	-0.0240**	-0.137***	-0.0272***	-0.135**
	(0.00855)	(0.0512)	(0.0101)	(0.0438)	(0.0102)	(0.0618)
L.urban	0.0444	1.182***				

(续表 3)

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	控制变量滞后一期		剔除异常值		PSM-DID	
	CO ₂	SO ₂	CO ₂	SO ₂	CO ₂	SO ₂
L.sec_indu	0.00162***	-0.00309				
	(0.000430)	(0.00259)				
L.fdi	0.0778	-0.154				
	(0.118)	(0.708)				
L.ln_gdp	0.0544***	0.0519				
	(0.0120)	(0.0720)				
L.tech	-0.0920	0.00460				
	(0.210)	(1.256)				
urban			-0.0306	0.741***	-0.0272***	-0.101**
			(0.0358)	(0.189)	(0.0102)	(0.0437)
sec_indu			0.00251***	0.00277	-0.0146	0.915***
			(0.000391)	(0.00226)	(0.0398)	(0.203)
fdi			0.367***	0.191	0.00240***	0.00164
			(0.0959)	(0.629)	(0.000374)	(0.00242)
ln_gdp			0.00943*	-0.0204	0.166	-0.772
			(0.00534)	(0.0201)	(0.142)	(0.768)
tech			-0.112	-1.411	0.00905	0.0166
			(0.225)	(0.958)	(0.00792)	(0.0156)
_cons	3.447***	9.274***	3.923***	10.37***	3.925***	11.41***
	(0.135)	(0.812)	(0.0906)	(0.296)	(0.116)	(0.272)
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是	是	是
N	1773	1754	1932	1911	1949	1927
R ₂	0.992	0.865	0.990	0.855	0.991	0.860

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平下显著；括号中的数值为标准误，_cons 表示常数项。

(四)异质性分析

上述基准回归和稳健性检验结果表明，智慧城市建设有利于改善城市的空气质量。但是，

智慧城市试点政策对于不同类型或者不同区域城市的空气质量改善是否会有差异？对此，本文进行异质性分析：以国家统计局 2011 年公布的

《东西中部和东北地区划分方法》^①为依据,并将东北地区中的辽宁省调整到东部地区,吉林省和黑龙江省调整到中部地区,然后对东部、中部和西部地区分别进行回归检验,结果如表4所示。

结果表明,东部地区是智慧城市试点政策减排效果最显著的地区,试点政策实施后CO₂和SO₂排放量都显著降低;中部地区只有SO₂的减排效果较显著,且减排效果逊于东部地区;西部地区CO₂和SO₂两类污染物的减排效果均不显著。上述结果表明,处于东部地区的试点城

市凭借良好的经济基础和较高的科技水平,同时在智慧城市试点政策的推动下,其数字经济以及与之配套的高端制造业取得了较快发展,高耗能、高污染产业得到有效抑制,传统化石能源的消耗得以减少,进而放大了智慧城市试点政策的污染减排效果。与东部地区相比,中部和西部地区试点城市的产业与技术基础相对薄弱,可用于智慧城市建设的资金也相对较少,加之环境信息披露机制不健全,最终导致智慧城市试点政策的减排效果难以得到充分显现。

表4 东、中、西部地区城市异质性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	控制变量滞后一期		剔除异常值		PSM-DID	
	CO ₂	SO ₂	CO ₂	SO ₂	CO ₂	SO ₂
smartcity	-0.0718*** (0.0132)	-0.185*** (0.0627)	0.00982 (0.0140)	-0.166** (0.0758)	-0.0158 (0.0181)	-0.0359 (0.0966)
urban	-0.00692 (0.0430)	1.242*** (0.294)	0.0789 (0.0612)	0.592 (0.361)	0.0965 (0.106)	1.113** (0.546)
sec_indu	0.00254*** (0.000545)	0.0115*** (0.00378)	0.0000943 (0.000510)	0.00257 (0.00331)	0.00349*** (0.000818)	-0.00401 (0.00625)
fdi	-0.640*** (0.211)	-2.283** (1.021)	0.333** (0.158)	0.113 (1.263)	0.155 (0.456)	3.100 (2.721)
ln_gdp	0.0148** (0.00628)	-0.0602** (0.0288)	0.000419 (0.00401)	0.00414 (0.0114)	-0.00526 (0.00718)	0.00609 (0.161)
tech	-0.531 (0.345)	1.636 (2.752)	0.641** (0.286)	-1.827 (1.940)	0.203 (0.265)	-1.607 (1.699)
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是	是	是
N	780	773	750	749	440	428
R ²	0.992	0.880	0.988	0.809	0.993	0.888

注:*,**,*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平下显著;括号中的数值为标准误。

①参见:中华人民共和国国家统计局官方网站.东西中部和东北地区划分方法[EB/OL].(2011-06-13)[2022-05-23].http://www.stats.gov.cn/zjtj/zthd/sjtjr/dejtkfr/tjzp/201106/t20110613_71947.htm.

五、实验结果与政策启示

本文以三批智慧城市试点为主要研究对象,分析 CO₂ 和 SO₂ 两类污染物排放量的变化情况,探讨智慧城市试点政策的实施对当地空气质量的影响。实验证明,智慧城市试点建设对于当地 CO₂ 和 SO₂ 两类污染物的治理具有显著的促进作用,达到了“走集约、智能、绿色、低碳的新型城镇化道路”的总体要求,并且实验结果在经过安慰剂检验以及一系列稳健性检验之后依然成立。同时,东、中、西部地区的异质性分析表明,智慧城市建设对城市环境的改善作用在我国东部地区试点城市中表现得更为明显,CO₂ 和 SO₂ 的减排效果均较为显著;在中部地区试点城市中只有 SO₂ 的减排效果较显著;西部地区试点城市的减排效果则完全不显著。

基于上述各项实验结果,本文得出以下政策启示:

1. 推动智慧城市建设向更高水平发展

智慧城市试点政策的推行提高了城市可持

续发展能力,改善了试点地区的空气质量。当前,我国智慧城市建设仍处于上升阶段,智慧城市相关发展方案有待进一步落实,发展质量也有待提高,各试点地区应当在现有发展成果基础上向先进地区看齐,学习借鉴先进经验以推动自身的发展。同时,要加快“走出去”的步伐,积极与国际发达地区开展交流,最终实现在更高水平的智慧城市建设中持续改善空气质量这一目标。

2. 推动智慧城市建设向更广范围实施

在经济基础较好、产业结构相对完善的东部地区,智慧城市建设所带来的空气质量改善效应总体上优于中、西部地区,因此今后发展的重点应该逐步向东部地区以外的其他地区倾斜,完善中、西部地区城市的产业结构。此外,优化智慧城市建设地区间的协同联动,尤其要加强东部地区同中、西部地区的产业联动,弥补中、西部地区资金和技术方面的不足,以充分发挥智慧城市建设在促进空气质量改善方面的作用,最终实现全国范围内空气治理的共赢。

【参考文献】

- [1] 中华人民共和国国家发展和改革委员会.关于印发促进智慧城市健康发展的指导意见的通知(发改高技〔2014〕1770号)[EB/OL].(2014-08-29)[2022-05-23].https://www.ndrc.gov.cn/fzggw/jgsj/gjss/sjdt/201408/t20140829_1154517.html?code=&state=123.
- [2] 张艳,郑贺允,葛力铭.资源型城市可持续发展政策对碳排放的影响[J].财经研究,2022(1):49-63.
- [3] 张国兴,温俊娜,林伟纯,等.城市群建设改善还是恶化了城市空气质量?——基于双重差分模型的实证检验[J].系统工程理论与实践,2022(5):1245-1259.
- [4] 冉启英,王健龙,杨小东,等.创新型城市建设的减霾效应评估——来自试点城市的证据[J].南京财经大学学报,2022(2):66-75.
- [5] 张亚丽,项本武.中国排污权交易机制引起了环境不平等吗?——基于PSM-DID方法的研究[J].中国地质大学学报(社会科学版),2022(3):67-82.
- [6] 张荣博,钟昌标.智慧城市试点、污染就近转移与绿色低碳发展——来自中国县域的新证据[J].中国人口·资源与环境,2022(4):91-104.

- [7] 黄和平,谢云飞,黎宁.智慧城市建设是否促进了低碳发展?——基于国家智慧城市试点的“准自然实验”[J].城市发展研究,2022(5):105-112.
- [8] 武力超,李惟简,陈丽玲,等.智慧城市建设对绿色技术创新的影响——基于地级市面板数据的实证研究[J].技术经济,2022(4):1-16.
- [9] 张龙鹏,钟易霖,汤志伟.智慧城市建设对城市创新能力的影响研究——基于中国智慧城市试点的准自然试验[J].软科学,2020(1):83-89.
- [10] 张阿城,王巧,温永林.智慧城市试点、技术进步与产业结构转型升级[J].经济问题探索,2022(3):158-175.
- [11] 蒋选,王林杉.智慧城市政策的产业结构升级效应研究——基于多期 DID 的经验考察[J].中国科技论坛,2021(12):31-40.
- [12] 宋弘,孙雅洁,陈登科.政府空气污染治理效应评估——来自中国“低碳城市”建设的经验研究[J].管理世界,2019(6):95-108+195.
- [13] 范德成,方璘,宋志龙.智慧城市建设的产业结构升级效应及作用机制研究[J].科技进步与对策,2021(17):61-68.
- [14] Louis S. Jacobson, Robert John LaLonde, Daniel Gerard Sullivan. Earnings Losses of Displaced Workers[J]. The American Economic Review, 1993(4): 685-709.
- [15] Eliana La Ferrara, Alberto Chong, Suzanne Duryea. Soap Operas and Fertility: Evidence from Brazil[J]. American Economic Journal: Applied Economics, 2012(4): 1-31.
- [16] Pei Li, Yi Lu, Jin Wang. Does Flattening Government Improve Economic Performance? Evidence from China[J]. Journal of Development Economics, 2016(1): 18-37.

Impact of Smart City Construction on Air Quality —A Quasi Natural Experiment

QI Ji, YI Yanchun, CHENG Pei, GENG Yixin

[Abstract] Based on the panel data of 197 prefecture level cities in China from 2008 to 2017, this paper studies the impact of smart city construction on local air quality by taking the pilot construction of smart city as a quasi-natural experiment with the help of Difference-in-Difference model. The results show that the construction of smart city pilot has a significant effect on both CO₂ emission reduction and SO₂ emission reduction. After placebo test and a series of other robustness tests, the above conclusion is still robust. Further heterogeneity analysis shows that the air quality improvement effect of pilot cities in the eastern region with relatively developed economy is better than that in the central and western regions. The policy enlightenment of the article is to promote the development of smart city construction to a higher level on the existing basis, optimize the collaborative linkage of industries among regions in the process of smart city construction, and contribute to the goal of carbon neutralization and carbon peak.

[Key words] smart city; air quality; Difference-in-Differences; heterogeneity test