

# 新型基础设施投资能否降低雾霾污染?

## ——理论机制与经验证据

汪克亮,许如玉,赵斌

(中国海洋大学经济学院,山东青岛266100)

**摘要:**基础设施投资是中国经济持续高速增长的先行资本,也是引发地区雾霾污染的重要推手,而当前中国新型基础设施建设蓬勃发展,其产生的环境效应尚待考察。在理论分析的基础上,基于2003—2018年中国30个省级面板数据,通过构建空间面板计量模型,探讨新型基础设施投资对雾霾污染的影响。研究发现:(1)中国的雾霾污染具有明显的空间正相关性;(2)新型基础设施投资对雾霾污染的直接效应与空间溢出效应均为负;(3)新型基础设施投资对雾霾污染的影响存在时间与区域异质性;(4)新型基础设施投资可以通过技术进步、结构转型与规模经济缓解本地与邻近地区的雾霾污染。在推进新型基础设施建设过程中,应注重投资结构的优化与质量的提高,充分发挥其自身的减霾效应,促进中国经济高质量发展。

**关键词:**新型基础设施投资;雾霾污染;空间面板计量模型;高质量发展

**中图分类号:**F49;X513 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-6049(2022)02-0055-11

### 一、引言与文献回顾

传统“高耗能、高污染”的粗放型经济发展方式与“重经济、轻环保”的发展理念使得中国成为世界上环境污染最为严重的国家之一。尤其是近年来,以雾霾污染为代表的极端环境问题频发,已经严重影响经济发展质量与居民身体健康。关于雾霾的成因,众多学者展开深入分析并指出燃煤、工业与汽车尾气排放是重要因素<sup>[1-2]</sup>,其中汽车尾气来源于交通部门,与基础设施建设密不可分。研究表明,交通基础设施的完善会进一步刺激居民私家车消费,从而促进空气污染物排放<sup>[3]</sup>。以铁路、公路、机场为代表的传统基础设施投资是中国经济实现跨越式发展取得的重要经验。然而,当前传统基础设施建设已近饱和,并产生了不可逆转的生态环境问题<sup>[4]</sup>。众多学者基于交通运输方式<sup>[5]</sup>、交通拥堵程度<sup>[6-7]</sup>以及交通运输规划布局<sup>[8]</sup>等不同角度的研究发现,交通等传统基础设施能够加剧雾霾污染,制约中国经济绿色转型。

作为新时代的产物,符合新发展理念的新型基础设施建设方兴未艾,其自身具备的数字化、智能化特征将为经济社会的绿色发展提供基础的新科技支撑。关于新型基础设施对环境影响的相关研究,已有学者发现,互联网、数字化水平的提高存在环境友好效应<sup>[9-10]</sup>。然而,也有学者认为,新型基础设施并不绿色环保<sup>[11]</sup>。作为承担互联网信息储存与处理的“大脑”,数据中心也被贴上“不冒烟的钢厂”“能耗巨兽”等标签<sup>[12]</sup>。上述研究对基础设施建设的环境效应问题做出了有益探讨。然而,有关新型基

收稿日期:2022-01-02;修回日期:2022-03-11

基金项目:国家自然科学基金项目“绿色发展视阈下的海洋经济效率:评估体系、影响因素及驱动政策”(71973131)

作者简介:汪克亮(1980—),男,安徽枞阳人,管理学博士,中国海洋大学经济学院教授,博士生导师,研究方向为区域创新与国际经济合作;许如玉(1996—),女,山东青岛人,中国海洋大学经济学院硕士研究生,研究方向为经济体制改革;赵斌(1993—),男,山东枣庄人,通讯作者,中国海洋大学经济学院博士研究生,研究方向为可持续发展。

基础设施的衡量指标,学者仅仅选择具有某种特性的属性加以衡量,阐述并不全面,更鲜有学者从投资的视角展开研究,且并未考虑基础设施具有空间网络属性<sup>[13]</sup>。为此,本文从理论上深入探讨新型基础设施投资对雾霾污染的影响与作用机制,并进一步从空间溢出视角开展实证研究,为中国雾霾治理以及经济高质量发展提供理论与经验依据。

## 二、理论分析与研究假设

本文认为新型基础设施投资能够通过技术进步效应、结构转型效应与规模经济效应三种途径缓解雾霾污染。

### (一) 技术进步效应

#### 1. 创新要素的激发效应

创新活动的经济外部性特征使得它的开展需要一定的公共基础设施支持<sup>[13]</sup>。地区通过加大新型基础设施投入,吸引人才与知识集聚,从而催生生产与清洁技术创新;具有跨时空特征的信息网络等新型基础设施降低了信息的传输成本,能够实现企业、地区之间的瞬时交流,帮助创新主体便捷、高效地交换对创新有重要作用的信息,促使创新的产生。而技术创新能够改善环境污染已经成为共识。Grossman and Krueger<sup>[14]</sup>从技术效应、规模效应与结构效应三个角度解析环境污染的影响因素,并着重强调技术效应在治理环境污染方面发挥的重要作用,因为越先进的科技往往越“绿色”。而作为前沿科技的代表,新型基础设施的绿色技术创新效应更加出色,将更有效地促进地区雾霾治理。

#### 2. 技术扩散的溢出效应

由于知识等要素的传播存在空间和地理上的粘连性,且地理距离与知识传播成本成正比<sup>[15]</sup>,因此邻近地区是科技创新在传播过程中的重要受益者,且基础设施的有效供给是技术传播与扩散的基础条件,而新型基础设施的空间网络属性使得它具备更强的技术外溢性<sup>[16]</sup>。新型基础设施缩短了个体与区域间的时空距离,加强了区域间技术的扩散,使得经济主体之间的联系更为密切。示范效应使得落后地区为追赶先进地区不断加大科研投入力度,从而促进了技术创新,最终实现技术进步。能源利用与节能环保领域的技术进步,可以显著降低企业生产过程中的环保投入成本,提高能源利用与环境治理效率。

基于此,本文提出第一个假说:

假说1:新型基础设施投资能够通过推动技术进步抑制雾霾污染。

### (二) 结构转型效应

#### 1. 产业数字化

新型基础设施所必需的“数据”这种新型生产要素是无污染的,且产业数字化与绿色发展理念高度契合,因此数字化转型为传统产业实现绿色发展提供了新机遇<sup>[17]</sup>。新型基础设施以新型数字技术的应用为支撑,赋予国民经济三大产业数字化特征,帮助传统产业实现数字化、智能化升级<sup>[18]</sup>。在产业发展过程中,5G、大数据等新技术的应用一方面推动新消费时代的到来,居民消费需求日益多样化且消费偏好向绿色产品倾斜;另一方面倒逼传统产业改造升级,帮助企业准确了解消费者的需求,使得生产更加精细化、高效化,推动业务流程与生产方式的重组变革,进而形成更加绿色、低碳、清洁的生产方式与价值创造体系,从而缓解雾霾污染。

#### 2. 数字产业化

数字产业对于前沿生产技术与高端生产设备有着更高的要求,更依赖于数据、技术、知识等新型生产要素投入,且具有高附加值、低环境污染的特点。新型基础设施建设以数字技术为支撑,是数字产业发展壮大的先行条件,它的完善一方面能够产生大量数字产业发展所需的“数据”要素,另一方面它本质上就是信息化的数字基础设施<sup>[19]</sup>。5G、大数据、人工智能等技术要素在数字产业中的合理应用,将催生符合当前新发展理念的新产业、新业态、新模式,实现产业结构的优化整合,提高资源利用、节能减排等各环节的运行效率,尤其是绿色产业发展与绿色数据中心建设,为雾霾污染问题的解决提供一条现实路径。

基于此,本文提出第二个假说:

假说2:新型基础设施投资能够促进产业结构转型,减轻雾霾污染。

### (三) 规模经济效应

以物联网、工业互联网等现代信息通信技术为代表的新型基础设施通过打造一个数据共享互通、产业实时互联的网络互动平台,加强相关产业间的信息交流与互换<sup>[20]</sup>。企业的生产、销售与消费者的购买均可通过线上方式实现,使得国内国际市场一体化成为可能,在显著降低生产和交易成本、减少资源消耗的同时扩大了产品销售与生产规模,产生规模经济效应。人工智能、大数据的应用也能帮助企业准确了解到消费者的需求变化与偏好,从而进行精准的生产与销售,进一步扩大生产规模。良好的基础设施带来的规模报酬递增提高了企业研发投资的资本回报率,从而增加企业研发投入的积极性<sup>[21]</sup>。特别地,企业拥有更多的资金响应国家节能减排政策,加大绿色研发投入,客观上促进了绿色技术创新,提高了能源利用效率,有助于降低雾霾污染。基于此,本文提出第三个假说:

假说3:新型基础设施投资水平的提高可产生规模经济效应,缓解雾霾污染。

## 三、研究设计与数据说明

### (一) 研究设计

#### 1. 变量选取

##### (1) 被解释变量——雾霾污染( $PM_{2.5}$ )

本文借鉴范丹等<sup>[22]</sup>的研究方法,采用加拿大达尔豪斯大学大气成分分析组(ACAG)通过NASA卫星以及地面监测站综合评估而得的经纬度栅格数据,将其解析为 $PM_{2.5}$ 平均浓度值。

##### (2) 核心解释变量——新型基础设施投资( $NNIS$ )

本文以郭凯明等<sup>[23]</sup>的研究为参考,将a专用设备制造业,b计算机、通信和其他电子设备制造业,c科学研究、技术服务和地质勘查业,d信息传输、软件和信息技术服务业的固定资产投资额加总作为新型基础设施投资的代理变量,并进一步折算为新型基础设施存量。关于存量的估算,首先以2003年为基期,借鉴张军等<sup>[24]</sup>、单豪杰<sup>[25]</sup>的研究思路,采用各省份的固定资产投资价格指数进行平减,然后使用永续盘存法将新型基础设施投资流量估算为存量;参考金戈<sup>[26]</sup>对于基础设施资本折旧率的设定,取值为9.2%。具体公式表示如下:

$$K_{i,t} = \frac{I_{i,t}}{g + \delta} \quad (1)$$

$$K_{i,-1} = (1 - \delta)K_{i,t} + K_{i,t} \quad (2)$$

##### (3) 控制变量

能源结构( $ES$ ),以煤炭消费量占能源消费总量的比重衡量;人力资本( $HC$ ),用各省份劳动力的平均受教育年限表示;城市化水平( $UR$ ),用城镇人口占总人口的比重衡量;政府行政能力( $GOV$ ),为财政支出与GDP之比;贸易开放度( $OPE$ ),以进出口贸易总额与GDP的比值表示;交通基础设施( $TRA$ ),用各省市地区铁路和公路总里程与其国土面积之比衡量。

#### 2. 空间相关性分析

##### (1) 全域空间自相关检验

地区间雾霾污染的空间相关性可通过测算全局Moran's I指数予以判断,其计算公式如下:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (A_i - \bar{A})(A_j - \bar{A})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (3)$$

其中, $I$ 代表全局Moran's I指数, $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2$ , $\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i$ , $A_i$ 为第*i*个省份的 $PM_{2.5}$ 浓度值, $n$ 为地区数, $W$ 为空间权重矩阵,本文以0~1邻接矩阵( $W_1$ )为基准回归矩阵,同时使用地理矩阵( $W_2$ )作为稳健性检验。

由表1可知,两种矩阵下雾霾污染的全局Moran's I指数值显著为正,表明空间因素是影响中国雾

霾治理的重要因素。

(2) 空间计量模型设定

首先, 本文构建如下基本计量模型:

$$\ln PM_{2.5it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln NNIS_{it} + \alpha_2 \ln X_{it} + \mu_{it} \quad (4)$$

其中,  $PM_{2.5it}$  代表  $i$  地区第  $t$  年的  $PM_{2.5}$  浓度值,  $NNIS_{it}$  为新型基础设施投资额,  $X_{it}$  为相关控制变量,  $\mu_{it}$  为随机误差项。

雾霾污染具有明显的空间溢出特征, 这一点已经被众多研究所证实<sup>[27]</sup>。因此, 将雾霾污染与新型基础设施投资纳入空间分析框架之中显得尤为必要。本文分别构建空间自回归 (SAR)、空间误差 (SEM) 和空间杜宾 (SDM) 三种空间计量模型进行研究。

SAR 模型是在式 (4) 的基础之上引入被解释变量的空间变量  $W \ln PM_{2.5it}$ , 模型设置如下:

$$\ln PM_{2.5it} = \alpha_0 + \rho W \ln PM_{2.5it} + \alpha_1 \ln NNIS_{it} + \alpha_2 \ln X_{it} + \mu_{it} \quad (5)$$

其中,  $\rho W \ln PM_{2.5it}$  是 SAR 模型的空间变量,  $\rho$  为空间变量系数,  $W$  为一阶邻接权重矩阵, 其余变量符号含义与式 (4) 一致。

雾霾污染的影响因素众多, 不可能将所有因素都纳入模型之中, 一些次要因素将归到随机误差项之中。SEM 模型基于公式 (4) 加入随机误差项的空间相关变量, 模型表示如下:

$$\ln PM_{2.5it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln NNIS_{it} + \alpha_2 \ln X_{it} + \mu_{it} \quad (6)$$

其中,  $\mu_{it} = \lambda W u_{it} + \varepsilon$ ,  $\lambda$  表示模型 (6) 之间的空间相关性强度,  $\varepsilon$  服从正态分布, 其余变量符号含义与式 (4) 一致。

而 SDM 模型则是在 SAR 模型的基础上添加了核心解释变量的空间滞后项  $W \ln NNIS_{it}$ , 模型设置如下:

$$\ln PM_{2.5it} = \alpha_0 + \rho W \ln PM_{2.5it} + \beta W \ln NNIS_{it} + \alpha_1 \ln NNIS_{it} + \alpha_2 \ln X_{it} + \mu_{it} \quad (7)$$

(二) 数据说明

本文共选择 30 个省 (市、自治区, 剔除港澳台地区及西藏自治区) 为样本进行实证分析, 相关数据来自相应年份的《中国统计年鉴》《中国工业统计年鉴》《中国环境统计年鉴》。数据说明与变量描述性统计见表 2。

表 2 数据说明与变量描述性统计

	变量	变量名称	观测值	均值	最小值	最大值
被解释变量	$PM_{2.5}$	雾霾污染	480	37.609	7.953	83.608
核心解释变量	$NNIS$	新型基础设施投资存量	480	804.723	3.548	9797.161
	$ES$	能源结构	480	0.445	0.016	0.802
	$HC$	人力资本	480	9.309	6.164	13.617
	$UR$	城市化水平	480	0.518	0.139	0.896
控制变量	$EXP$	政府行政能力	480	0.211	0.079	0.627
	$OPE$	贸易开放度	480	0.313	0.014	1.721
	$TRA$	交通基础设施	480	0.812	0.035	2.188
	$TEC$	技术创新	480	29318.350	70.000	478082.000
	$IND$	结构转型	480	2.297085	1.9850	2.806
中介变量	$SCA$	规模经济	480	11676.120	369.459	66257.880

表 1 雾霾污染全局 Moran's I 指数

年份	$\ln PM_{2.5}(W_1)$		$\ln PM_{2.5}(W_2)$	
	Moran's I	z 值	Moran's I	z 值
2003	0.457***	3.996	0.225***	4.332
2004	0.478***	4.191	0.108**	2.130
2005	0.525***	4.582	0.112**	2.197
2006	0.393***	3.502	0.127**	2.414
2007	0.524***	4.580	0.116**	2.254
2008	0.479***	4.151	0.130**	2.452
2009	0.446***	3.913	0.158***	2.872
2010	0.436***	3.822	0.146***	2.697
2011	0.450***	3.959	0.131**	2.472
2012	0.402***	3.590	0.065	1.492
2013	0.476***	4.147	0.187***	3.314
2014	0.447***	3.912	0.247***	4.202
2015	0.459***	4.043	0.251***	4.270
2016	0.428***	3.793	0.172***	3.098
2017	0.430***	3.797	0.222***	3.841
2018	0.434***	3.772	0.195***	3.418

注: \*\*\*, \*\* 和 \* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的显著性水平下显著。

## 四、回归结果与分析讨论

## (一) 整体实证结果分析

由表3可知,包含时空双固定的空间杜宾模型是本文最佳的研究模型。同时,为保证稳健性,本文分别列出两种矩阵下的SAR、SEM与SDM模型的估计结果。由表4可知,六种空间计量模型的估计结果基本保持一致。本文以0~1邻接矩阵空间杜宾模型估计结果为基准进行实证分析。

由表4可知,(1)在核心解释变量中,新型基础设施投资对雾霾污染的影响显著为负,表明增加新型基础设施投资有利于缓解雾霾污染。以5G、人工智能为代表的新型数字基础设施是产业绿色

发展不可或缺的先行资本,一方面,清洁生产技术的应用,提高了资源利用率,减少了环境污染物排放,从而推进传统产业的“绿色化”改造;另一方面,新型数字基础设施的发展与完善也能够带动新兴产业发展,创造绿色投资机遇,从而推动产业结构的高端化升级,进而减轻雾霾污染。(2)在控制变量中,能源结构加剧了地区雾霾污染,充分表明当前以煤炭为主的能源消费结构是中国雾霾污染的重要幕后推手。人力资本对雾霾污染的影响为负,地区高水平的人力资本往往对于环境质量的要求也较高,从而用于治理雾霾的技术研发支出也随之增加;城市化水平与雾霾污染呈正相关,表明随着城市化进程的推进,人口集聚引致更多的能源资源需求,从而加剧雾霾污染物排放;政府行政能力对雾霾污染的影响系数为正,其中原因可能在于,“唯GDP论”指导下的政绩考核标准引致地方政府出现生产性的财政支出偏向,而对资金投入大、见效周期长的非生产性公共物品(如环保科技支出等领域)重视不足,不利于地区环境质量的改善;贸易开放度系数为负且显著,这表明贸易开放使得中国企业更易于学习绿色先进技术,提高环境治理能力,从而实现绿色生产;交通基础设施回归系数显著为正,这说明交通通达性的提高并未实现资源节约与环境改善。

表3 模型选择

检验方法	W <sub>1</sub>		W <sub>2</sub>	
	检验统计量结果	P值	检验统计量结果	P值
Moran's I	2.483	0.013	47.404	0.000
LM-SEM	90.081	0.000	14.144	0.000
Robust LM-SEM	70.876	0.000	16.991	0.000
LM-SAR	37.746	0.000	12.916	0.000
Robust LM-SAR	18.541	0.000	15.764	0.000
LR-SDM-SEM	27.760	0.000	8.010	0.332
LR-SDM-SAR	19.650	0.006	7.200	0.408
Wald-SDM-SEM	28.450	0.000	8.90	0.260
Wald-SDM-SAR	19.750	0.006	7.84	0.347
LR-both-time	970.090	0.000	947.000	0.000
LR-both-ind	22.700	0.012	41.990	0.000
Hausman Test	18.460	0.029	26.240	0.002

表4 基于整体样本的回归估计结果

变量	静态面板		W <sub>1</sub>		W <sub>2</sub>		
	FE	SDM	SAR	SEM	SDM	SAR	SEM
lnNNIS	-0.119*** (0.017)	-0.031** (0.012)	-0.034*** (0.011)	-0.019 (0.013)	-0.028* (0.016)	-0.048*** (0.015)	-0.022 (0.016)
lnES	0.194*** (0.034)	0.085*** (0.022)	0.086*** (0.022)	0.062*** (0.022)	0.128*** (0.028)	0.144*** (0.028)	0.120*** (0.029)
lnHC	-0.785*** (0.217)	-0.406*** (0.138)	-0.418*** (0.136)	-0.372** (0.148)	-0.255 (0.178)	-0.305* (0.178)	-0.424** (0.196)
lnUR	0.025*** (0.007)	0.014*** (0.004)	0.014*** (0.004)	0.017 (0.011)	0.017*** (0.006)	0.008 (0.006)	0.010 (0.010)
lnEXP	0.110 (0.075)	0.086* (0.048)	0.081* (0.047)	0.090 (0.057)	0.240*** (0.062)	0.191*** (0.060)	0.094 (0.072)
lnOPE	-0.041 (0.026)	-0.048*** (0.017)	-0.046*** (0.016)	-0.036** (0.018)	-0.080*** (0.022)	-0.064*** (0.021)	-0.098*** (0.023)
lnTRA	0.189*** (0.035)	0.044* (0.023)	0.041* (0.022)	-0.085** (0.041)	0.087*** (0.031)	0.059** (0.029)	0.072* (0.039)

表4(续)

变量	静态面板		W <sub>1</sub>		W <sub>2</sub>		
	FE	SDM	SAR	SEM	SDM	SAR	SEM
W <sub>x</sub> × lnNNIS		-0.010 (0.018)			-0.092*** (0.030)		
ρ 或 λ		0.749*** (0.030)	0.753*** (0.029)	0.807*** (0.026)	0.590*** (0.055)	0.667*** (0.046)	0.687*** (0.042)
R <sup>2</sup>	0.260	0.074	0.073	0.281	0.054	0.068	0.019

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为标准误。

与直接使用回归系数解释经济现象的模型相比,SDM模型改用直接效应、空间溢出效应及总效应,这样在一定程度上能够减少偏误,增强估计结果的准确性。本文对这三种效应展开进一步的解释,估计结果见表5。

由表5可知,无论是直接效应、空间溢出效应还是总效应,新型基础设施投资有利于本地和邻近地区的雾霾改善。原因在于,基础设施具有强正外部性特征,且建设周期长、资金投入大,在很大程度上由政府主导建设,这也造就了各级地方政府以基础设施建设作为“标尺竞争”的手段。地方政府出于发展地方经济的目的,一方面为吸引拥有先进生产技术与高素质人才进入,在增加“新基建”投资的同时实施积极的“腾笼换鸟”政策,对低端落后产业产生了挤出效应,从而实现本地区产业结构的“绿色调整”,提高当地的环境质量;另一方面,新型基础设施与技术、知识密集型新兴产业紧密相关,加强“新基建”投资有利于推动产业结构的高端化、信息化和智能化转型,实现高质量发展。新型基础设施投资对邻近地区雾霾污染的抑制作用体现在:面对日益严峻的资源环境现状,地方政府的绩效考核标准开始由经济指标向环保转换。新型基础设施投资对本地区雾霾改善具有正外部性,这会通过示范效应和警示效应激发邻近地区增加新型基础设施投资和加强自身环境治理的主观能动性,从而有助于邻近地区雾霾污染的改善。

表5 整体样本雾霾污染空间效应分解

变量	W <sub>1</sub>			W <sub>2</sub>		
	直接效应	空间溢出效应	总效应	直接效应	空间溢出效应	总效应
lnNNIS	-0.042*** (0.014)	-0.123** (0.058)	-0.166** (0.065)	-0.036** (0.016)	-0.261*** (0.057)	-0.297*** (0.058)
lnES	0.105*** (0.026)	0.235*** (0.064)	0.340*** (0.088)	0.133*** (0.028)	0.185*** (0.055)	0.317*** (0.078)
lnHC	-0.494*** (0.167)	-1.109*** (0.427)	-1.603*** (0.585)	-0.249 (0.179)	-0.344 (0.268)	-0.593 (0.439)
lnUR	0.018*** (0.005)	0.040*** (0.012)	0.057*** (0.017)	0.017*** (0.006)	0.023*** (0.008)	0.040*** (0.013)
lnEXP	0.107* (0.057)	0.240* (0.134)	0.347* (0.189)	0.250*** (0.063)	0.348*** (0.115)	0.598*** (0.167)
lnOPE	-0.059*** (0.021)	-0.132*** (0.051)	-0.191*** (0.070)	-0.083*** (0.023)	-0.115*** (0.039)	-0.197*** (0.058)
lnTRA	0.054* (0.028)	0.119* (0.063)	0.173* (0.091)	0.090*** (0.032)	0.123*** (0.044)	0.213*** (0.072)

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为标准误。

在控制变量中,能源消费结构、城市化水平、政府行政能力与交通基础设施的直接效应与空间溢出效应均为正,即加剧了地区间的雾霾污染。这也在一定程度上说明以煤炭为主的能源消费结构应该予以优化,城镇化建设应走高效集约、绿色环保之路,地方政府须进一步加强环境绩效考核,合理完

善区域交通基础设施。人力资本的回归系数均显著为负,人力资本的提高能够产生知识和技术溢出效应,同时我国积极与国际市场接轨,学习先进绿色技术,进而缓解本地和邻近地区的雾霾污染。

## (二) 异质性分析

### 1. 区域异质性

由于省份间技术进步、基础设施等各方面的差异对地区的环境质量产生不同的影响。因此,本文对新型基础设施投资影响雾霾污染的区域异质性进行了探讨,估计结果如表6所示。

表6 分地区雾霾污染空间效应分解

变量	东部			中西部		
	直接效应	空间溢出效应	总效应	直接效应	空间溢出效应	总效应
lnNVIS	-0.062*** (0.017)	-0.059* (0.031)	-0.121*** (0.039)	-0.063*** (0.018)	-0.083 (0.054)	-0.147** (0.061)
控制变量	YES			YES		
$\rho$	0.719*** (0.039)			0.660*** (0.043)		
R <sup>2</sup>	0.336			0.005		

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为标准误。

由表6可知,东部与中西部地区新型基础设施投资对雾霾污染的直接和空间溢出效应同为负,其中,中西部地区受影响程度明显大于东部地区。可能的原因在于,就直接效应来说,东部地区凭借先天的区位优势更易得到国家政策的扶持与外资的青睐,相对较高的地区经济发展水平为基础设施建设提供了雄厚的财政与技术支撑,因此,东部地区新型基础设施发展起步较早,投资水平也较高,其投资的边际报酬小于中西部地区,且随着新型基础设施的建设与不断完善,其高能耗等环境负效应开始显现,弱化了它对于节能减排的绿色环保作用。而中西部地区的新型基础设施建设尚处在起步阶段,对于投资的响应度较高,新型基础设施的环境友好作用的发挥程度也更大。从空间溢出效应来看,无论是东部还是中西部地区,自带“绿色基因”的新型基础设施在激发地方政府投资意愿的同时也能够发挥其环境治理的正外部性。新型基础设施的数字化、智能化与网络化特征,使得各地区均成为“新基建”建设过程中不可或缺的一环,本地区良好的基础设施能够为邻近地区带来正外部性与搭便车的好处,加强地区间的信息交流与科技合作,促进区域雾霾治理。

### 2. 时间异质性

2012年,中国经济发展由规模速度向质量效益型转变。基于此,本文以2012年为时间节点,进一步考察经济发展阶段转变前后新型基础设施投资对于雾霾污染影响的差异性,估计结果见表7。

表7 分时段雾霾污染空间效应分解

变量	2003—2011年			2012—2018年		
	直接效应	空间溢出效应	总效应	直接效应	空间溢出效应	总效应
lnNVIS	0.015 (0.025)	0.202*** (0.056)	0.218*** (0.061)	-0.006 (0.016)	-0.267*** (0.067)	-0.273*** (0.075)
控制变量	YES			YES		
$\rho$	0.731*** (0.046)			0.821*** (0.037)		
R <sup>2</sup>	0.208			0.025		

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为标准误。

当样本区间处于2003—2011年时,新型基础设施投资对雾霾污染作用的直接与空间溢出效应的回归系数均为正;而在进入2012年以后均为负。在2012年以前,出于财政与晋升的双重激励,能够对经济增长发挥巨大乘数效应的基础设施投资成为官员热衷的经济手段。而新型基础设施的知识、技术密集特

征意味着它的发展是与新兴产业紧密相关的,而在“唯 GDP 论”指导下,地方政府忽视当地经济发展水平,在相关产业尚不完善的情况下超前布局新型基础设施建设,会造成严重的资源浪费与产能过剩,最终影响到环境质量。在 2012 年中国经济发展阶段转变后,中央政府高度重视环境保护,在制定一系列规制措施的同时不断强化环境保护考核,政绩考核体系日趋多元化。新型基础设施建设中的“绿色”成分,能够推进产业上下联动,实现传统产业的绿色改造升级与新兴产业的清洁高效发展,共同改善生态环境,进而提高政府官员的环境绩效,因此迅速成为炙手可热的发展对象。

### (三) 内生性讨论

本文分别选择被解释变量雾霾污染与核心解释变量新型基础设施投资的滞后一期进行内生性检验,表 8 的估计结果表明,新型基础设施投资的符号与显著性基本与基准回归结果一致,即不存在内生性问题。

### (四) 稳健性检验

为进一步验证估计结果的可靠性,本文采取多种方法进行稳健性检验,其中,  $NNIF$  为新型基础设施投资流量。由表 9 可知,主要解释变量的符号与显著性基本与前文无异,即新型基础设施投资对雾霾污染影响的分析结论在不同的方法下依然成立。

## 五、作用机制检验

### (一) 作用机制验证

基于前文的理论分析,新型基础设施投资主要通过技术进步效应、结构转型效应与规模经济效应对地区雾霾污染产生影响,因此,我们将对这三种效应的作用机制进行验证。就指标选取来说,本文借鉴卞元超等<sup>[28]</sup>对影响机制的研究思路,对于技术进步效应,采用发明专利授权数作为技术进步的代理指标;对于结构转型效应,使用产业结构算法,即一产、二产和三产比重分别乘 1、2 和 3 并加总;对于规模经济

效应,以 2003 年为基期折算的地区国内生产总值作为衡量指标。从方法来说,本文借鉴温忠麟等<sup>[29]</sup>的研究,运用三步法中介效应模型,分别将技术进步 ( $TEC_{it}$ )、结构转型 ( $IND_{it}$ ) 和规模经济 ( $SCA_{it}$ ) 三个指标代入如下计算公式(限于篇幅,本文仅列出技术进步的中介效应模型):

$$\ln PM_{2.5_{it}} = \lambda_0 + \lambda_1 \ln NNIS_{it} + \gamma X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$$\ln TEC_{it} = \lambda_0 + \lambda_2 \ln NNIS_{it} + \gamma X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

表 8 内生性估计结果

变量	被解释变量滞后	核心解释变量滞后
	$L. \ln PM_{2.5}$	$\ln PM_{2.5}$
$\ln NNIS$	-0.038** (0.016)	
$Wx \times \ln NNIS$	0.033 (0.023)	
$L. \ln NNIS$		-0.133 (0.092)
$Wx \times L. \ln NNIS$		0.179* (0.102)
控制变量	YES	YES
$\rho$	0.960*** (0.006)	0.772*** (0.027)
$R^2$	0.156	0.044

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在 1%、5%和 10%的显著性水平下显著,括号内为标准误。

表 9 稳健性检验结果

变量	更换核心解释变量		缩短样本时间	控制变量滞后	去掉直辖市
	$W_1$	$W_2$	$\ln PM_{2.5}$	$\ln PM_{2.5}$	$\ln PM_{2.5}$
$\ln NNIS$			-0.040*** (0.014)	-0.038*** (0.013)	-0.032** (0.014)
$Wx \times \ln NNIS$			0.004 (0.021)	0.001 (0.019)	-0.008 (0.019)
$\ln NNIF$	-0.031** (0.013)	-0.038** (0.017)			
$Wx \times \ln NNIF$	-0.002 (0.018)	-0.065*** (0.024)			
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES
$\rho$	0.591*** (0.055)	0.623*** (0.049)	0.740*** (0.034)	0.761*** (0.029)	0.725*** (0.034)
$R^2$	0.349	0.276	0.017	0.001	0.005

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在 1%、5%和 10%的显著性水平下显著,括号内为标准误。

$$\ln PM_{2.5_{it}} = \lambda_0 + \lambda_3 \ln NNIS_{it} + \lambda_4 \ln TEC_{it} + \gamma X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

其中,  $TEC_{it}$  代表技术进步,  $X_{it}$  是所有控制变量。  $\lambda_0 \sim \lambda_4, \gamma$  代表估计参数, 其余变量释义与前文一致。

由表 10 可知, 当分别以技术进步、结构转型和规模经济为被解释变量时, 新型基础设施的回归系数均显著为正, 将各中介变量与新型基础设施投资同时纳入模型 (10) 回归之后, 系数均显著为负, 且新型基础设施投资的系数均变小, 这表明新型基础设施投资能够激

表 10 基于技术进步、结构转型、规模变化的作用机制检验

变量	lnIND	lnPM <sub>2.5</sub>	lnTEC	lnPM <sub>2.5</sub>	lnSCA	lnPM <sub>2.5</sub>
lnNNIS	0.009*** (0.003)	-0.109*** (0.017)	0.371*** (0.030)	-0.095*** (0.020)	0.130*** (0.013)	-0.083*** (0.019)
lnIND		-1.114*** (0.283)				
lnTEC				-0.064** (0.027)		
lnSCA						-0.276** (0.061)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
地区固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES
R <sup>2</sup>	0.623	0.285	0.935	0.270	0.952	0.293

注: \*\*\*、\*\* 和 \* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的显著性水平下显著, 括号内为标准误。

发技术进步、促进产业结构转型、实现规模经济, 进而减少雾霾污染, 假说 1、假说 2、假说 3 均得以验证。就技术进步效应来说, 新型基础设施是基于新一代信息技术或数字技术演化形成的、能够提供数字转型、智能升级、融合创新等服务的基础设施体系, 其布局与完善所带来的技术进步能够缓解当前经济与环境冲突, 使得能源、资源的利用更加高效, 降低能耗与污染物排放。就结构转型效应来说, 与传统的“铁公机”相比, 新型基础设施不仅能够帮助传统产业的绿色改造, 而且更侧重于突出产业结构升级的新方向, 人工智能、大数据等新一代数字技术均体现了产业结构的高端化发展趋势, 是新兴产业发展的重要科技支撑。就规模经济效应来说, 作为一种投资, 加强新型基础设施建设能够直接发挥巨大的乘数效应, 刺激经济增长<sup>[30]</sup>, 进而使地区拥有更高的财力与物力进行环境治理。

### (二) 作用机制稳健性

为证明作用机制的稳健性, 本文将核心解释变量更换为新型基础设施投资流量重新代入三步法模型回归, 估计结果见表 11, 可以看出解释变量的符号和显著性基本与前文一致。因此, 可以认为本文梳理的作用机制具有准确性。

表 11 作用机制稳健性检验

变量	lnPM <sub>2.5</sub>	lnIND	lnPM <sub>2.5</sub>	lnTEC	lnPM <sub>2.5</sub>	lnSCA	lnPM <sub>2.5</sub>
lnNNIF	-0.120*** (0.018)	0.011*** (0.003)	-0.108*** (0.018)	0.380*** (0.031)	-0.095*** (0.020)	0.178*** (0.012)	-0.074*** (0.021)
lnIND			-1.062*** (0.286)				
lnTEC					-0.067** (0.027)		
lnSCA							-0.260*** (0.068)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
地区固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
R <sup>2</sup>	0.256	0.626	0.279	0.935	0.267	0.960	0.281

注: \*\*\*、\*\* 和 \* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的显著性水平下显著, 括号内为标准误。

## 六、结论与政策启示

### (一) 结论

本文选取 2003—2018 年中国 30 个省(市、自治区)的面板数据, 在空间计量模型回归的基础上考

察新型基础设施投资对雾霾污染的直接与空间溢出作用,主要得出以下结论:(1)新型基础设施投资对雾霾污染的直接效应与空间溢出效应均为负,能够显著缓解本地区与邻近地区雾霾污染。(2)新型基础设施投资对雾霾污染的影响存在时空差异。无论是从直接效应还是空间溢出效应来看,中西部地区受影响程度均高于东部地区;随着经济进入高质量发展阶段,新型基础设施投资对雾霾污染的作用也由促增转为促降。(3)新型基础设施投资确实能够通过技术进步效应、结构转型效应与规模经济效益缓解本地与邻近地区的雾霾污染。

## (二) 政策启示

第一,增强“联防联控”意识,加强区域协调合作,共同打好雾霾治理攻坚战。因此,面对共同的“雾霾劲敌”,各地区必须增强大局意识,从区域整体利益出发,构建统一的治霾政策、法规与制度体系,加大区域间的环境质量检测与环境监督处罚力度,对各种违规排放与治理不力等行为予以严惩;同时,应建立完善的信息共享平台,保证区域间能够实现及时沟通与合作,保证治霾工作的有效性。

第二,坚持因地制宜的原则,各地区有针对性地推进雾霾治理。在雾霾治理过程中需根据地区特点实施差异化的治霾政策,如东部地区的经济发展水平相对较高,更需要依靠科技的投入来提高治霾效率;而中西部地区因经济发展滞后无力应对雾霾污染,当务之急依然是不遗余力地发展地方经济,但应同时兼顾环境,竭力降低经济发展所带来的环境负效应。

第三,顺应高质量发展要求,做好统筹规划,明确新型基础设施重点发展领域与优先发展顺序。应辩证看待新型基础设施对经济高质量发展的作用,对于新型基础设施建设采取包容审慎的态度,避免过度放大优点进而盲目推崇。考虑到我国新型基础设施正处于起步阶段,应明确重点与优先发展顺序,切忌操之过急,坚持集约高效、绿色发展的原则循序渐进地推进建设,合理扩大投资规模,避免走传统基础设施建设过程中重复建设、资源浪费的老路。

第四,优化能源结构,加快清洁能源的开发与利用。以煤炭为主的能源消费结构是雾霾产生的诱因,而目前来看,煤炭仍然是我国能源供应的主力,这种不合理的能源结构短期内难以改变。因此,适度控制煤炭消费、减少劣质煤使用和提高煤炭利用效率是降霾的有效途径。从长期来看,要想根治雾霾,必须改变传统的粗放型经济发展方式,运用现代科学技术加强可替代能源的使用,加快清洁能源的开发,逐步降低经济发展对煤炭能源的依赖性。

## 参考文献:

- [1]周峻.雾霾天气的成因[J].中国人口·资源与环境,2015(S1):211-212.
- [2]邵帅,李欣,曹建华,等.中国雾霾污染治理的经济政策选择——基于空间溢出效应的视角[J].经济研究,2016(9):73-88.
- [3]郭广珍,刘瑞国,黄宗晔.交通基础设施影响消费的经济增长模型[J].经济研究,2019(3):166-180.
- [4]苏汝劼,姜玲.空间溢出视角下基础设施投资对经济增长的影响研究[J].宏观经济研究,2020(9):36-47+57.
- [5]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.
- [6]SUN C W, LUO Y, LI J. Urban traffic infrastructure investment and air pollution: evidence from the 83 cities in China [J]. Journal of cleaner production,2018,172(1):488-496.
- [7]刘华军,雷名雨.交通拥堵与雾霾污染的因果关系——基于收敛交叉映射技术的经验研究[J].统计研究,2019(10):43-57.
- [8]秦蒙,刘修岩,仝怡婷.蔓延的城市空间是否加重了雾霾污染——来自中国PM2.5数据的经验分析[J].财贸经济,2016(11):146-160.
- [9]李琳,刘琛.互联网、禀赋结构与长江经济带工业绿色全要素生产率——基于三大城市群108个城市的实证分析[J].华东经济管理,2018(7):5-11.

- [10] 刘津. 数字化水平、资源依赖对绿色全要素生产率影响的实证研究[J]. 中国经贸导刊(中), 2020(2): 121-123.
- [11] 王文, 曹明弟. 绿色发展是新基建的应有之义[J]. 国家治理, 2020(19): 32-35.
- [12] 梅雅鑫. “新基建”风起数据中心节能瓶颈亟待突破[J]. 通信世界, 2020(9): 36.
- [13] 禄雪焕, 白婷婷. 绿色技术创新如何有效降低雾霾污染? [J]. 中国软科学, 2020(6): 174-182+191.
- [14] GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement[R]. NBER working paper, No. 3914, 1991.
- [15] 吴玉鸣. 空间计量经济模型在省域研发与创新中的应用研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2006(5): 74-85+130.
- [16] 伍先福, 钟鹏, 黄骁. “新基建”提升了战略性新兴产业的技术效率吗[J]. 财经科学, 2020(11): 65-80.
- [17] 肖旭, 戚聿东. 产业数字化转型的价值维度与理论逻辑[J]. 改革, 2019(8): 61-70.
- [18] 祝合良, 王春娟. 数字经济引领产业高质量发展: 理论、机理与路径[J]. 财经理论与实践, 2020(5): 2-10.
- [19] 李晓华. 面向智慧社会的“新基建”及其政策取向[J]. 改革, 2020(5): 34-48.
- [20] 田杰棠, 闫德利. 新基建和产业互联网: 疫情后数字经济加速的“路与车”[J]. 山东大学学报(哲学社会科学版), 2020(3): 1-8.
- [21] 蔡晓慧, 茹玉骢. 地方政府基础设施投资会抑制企业技术创新吗? ——基于中国制造业企业数据的经验研究[J]. 管理世界, 2016(11): 32-52.
- [22] 范丹, 梁佩凤, 刘斌. 雾霾污染的空间外溢与治理政策的检验分析[J]. 中国环境科学, 2020(6): 2741-2750.
- [23] 郭凯明, 潘珊, 颜色. 新型基础设施投资与产业结构转型升级[J]. 中国工业经济, 2020(3): 63-80.
- [24] 张军, 吴桂英, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952—2000[J]. 经济研究, 2004(10): 35-44.
- [25] 单豪杰. 中国资本存量K的再估算: 1952~2006年[J]. 数量经济技术经济研究, 2008(10): 17-31.
- [26] 金戈. 中国基础设施资本存量估算[J]. 经济研究, 2012(4): 4-14+100.
- [27] 孙攀, 吴玉鸣, 鲍曙明, 等. 经济增长与雾霾污染治理: 空间环境库兹涅茨曲线检验[J]. 南方经济, 2019(12): 100-117.
- [28] 卞元超, 吴利华, 周敏, 等. 国内市场分割与雾霾污染——基于空间自滞后模型的实证研究[J]. 产业经济研究, 2020(2): 45-57.
- [29] 温忠麟, 张雷, 侯杰泰, 等. 中介效应检验程序及其应用[J]. 心理学报, 2004(5): 614-620.
- [30] 姜卫民, 范金, 张晓兰. 中国“新基建”: 投资乘数及其效应研究[J]. 南京社会科学, 2020(4): 20-31.

(责任编辑: 王顺善; 英文校对: 葛秋颖)

## Can New Infrastructure Investment Reduce Haze Pollution? Based on Theoretical Mechanism and Empirical Evidence

WANG Keliang, XU Ruyu, ZHAO Bin

(School of Economics, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

**Abstract:** Infrastructure investment is not only the leading capital for China's sustained and rapid economic growth, but also an important driver of regional haze pollution. At present, China's new infrastructure construction is booming, and its environmental effects have yet to be investigated. On the basis of theoretical analysis, and based on 30 provincial panel data in China from 2003 to 2018, a spatial panel econometric model is constructed to explore the impact of new infrastructure investment on haze pollution. The research has found that: (1) China's haze pollution has obvious positive spatial correlation. (2) The direct and spatial spillover effects of new infrastructure investment on haze pollution are both negative. (3) There are time and regional heterogeneity in the impact of new infrastructure investment on haze pollution. (4) New infrastructure investment can alleviate local and neighboring haze pollution through technological progress, structural transformation and economies of scale. In the process of advancing the construction of new infrastructure, the optimization of investment structure and the improvement of quality should be focused on, its own haze reduction effect should be given full play to, and the high-quality development of my country's economy should be promoted.

**Key words:** new infrastructure investment; haze pollution; spatial panel econometric model; high-quality development