

雾霾污染对中国城市发展质量的影响

王晓红 冯严超

(哈尔滨工业大学经济与管理学院 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要 运用熵值法测算出 2003—2016 年中国 285 个地级及以上城市发展质量,基于动态空间滞后模型,设置地理距离矩阵、经济距离矩阵和技术距离矩阵,对比分析了雾霾污染对城市发展质量的全局性和异质性影响。研究表明:雾霾污染与城市发展质量在全国层面存在“N 型”曲线关系,而与城市化在全国层面存在较弱的“倒 N 型”曲线关系,雾霾污染对城市化与城市发展质量的影响在全国层面存在此消彼长的作用规律。雾霾污染与东部城市发展质量存在“U 型”曲线关系,而与中西部城市发展质量存在“倒 U 型”曲线关系。雾霾污染对城市发展质量的影响在区域层面也存在此消彼长的作用规律。雾霾污染与大中城市发展质量存在“N 型”曲线关系,而与小城市发展质量存在“倒 U 型”曲线关系,雾霾污染对大中城市的抑制作用已经率先得到扭转,而对小城市的抑制作用仍需改进,雾霾污染对城市发展质量的影响在规模层面具有明显的差异性。雾霾污染与城市发展质量在 2003—2009 年存在“N 型”曲线关系,而在 2010—2016 年存在较弱的“倒 U 型”曲线关系,雾霾污染对城市发展质量的影响在时间层面具有一定的阶段性、动态性和延续性。在未来的发展上,应从以下方面发力:第一,内部治理、外部协调,通过内外互动防止雾霾污染转移的“公地悲剧”。第二,政府引导、企业主导,通过建立有效的激励约束机制推动雾霾污染治理的“见贤思齐”。第三,淡化速度、强化质量,通过创新驱动与产业升级逐步扭转城市发展质量的“路径依赖”。第四,优化结构、净化产能,通过构筑良性竞争机制推动城市发展质量的“逐顶竞争”。第五,深度开发、适度集聚,通过有效利用城市空间资源发挥规模经济的“溢出效应”。

关键词 雾霾污染;空间溢出效应;城市发展质量

中图分类号 F124.5 文献标识码 A 文章编号 1002-2104(2019)08-0001-11 DOI: 10.12062/cpre.20190119

改革开放 40 年来,中国经济取得了举世瞩目的成就,但多年形成的粗放式增长模式也使得环境污染问题日益凸显,尤其以雾霾天气为代表的污染问题频频发生,对中国经济增长质量、公众健康与政府形象造成了严重的影响^[1]。面对雾霾污染的示警,党和政府已经将环境治理工作提高到前所未有的高度,公众的环保意识逐步觉醒,社会舆论对环境污染更为关注,污染企业也被倒逼着向清洁生产转型,“蓝天保卫战”和“绿色发展”已成为社会各界的共识^[2]。作为现代化生产和生活的重要空间载体,城市不仅承载了人们的主要经济活动,其自身的发展也是促进经济增长的主要动力之一^[3]。雾霾污染与城市发展质量息息相关,大规模的工业生产、建筑施工和机车使用,产生了大量的二氧化硫、氮氧化物以及可吸入颗粒,而雾霾污染也通过影响城市化进程对城市发展质量产生了深远的影响^[4-5]。那么,雾霾污染对中国城市发展质量究竟有何影响?雾霾污染对不同区域、规模、时间的城市发展质量

的影响有差异吗?雾霾污染对中国城市发展质量影响的传导机制是什么?现有文献并未就上述亟须识别与应对的重大环境问题做出直接回答。据此,本文通过对上述问题的探讨,厘清雾霾污染对中国城市发展质量的影响,并为雾霾污染联防联控的必要性及城市发展质量提升的全面性提供经验支持。

1 文献综述

雾霾污染是对大气中各种悬浮颗粒物的产生、扩散和危害过程进行概括的一种状态,其主要成分包括二氧化硫、氮氧化物以及可吸入颗粒,二氧化硫与氮氧化物为气态污染物,而可吸入颗粒正是雾霾污染的罪魁祸首^[6]。可吸入颗粒主要指 PM_{10} 与 $PM_{2.5}$, PM_{10} 为空气动力学粒径小于等于 $10\mu m$ 的颗粒物, $PM_{2.5}$ 为空气动力学粒径小于等于 $2.5\mu m$ 的颗粒物^[7]。与 PM_{10} 相比, $PM_{2.5}$ 具有颗粒小、活性强、分布广、滞留久、毒性大等特征,对居民生产与生

收稿日期:2018-10-26 修回日期:2019-01-26

作者简介:王晓红,博士,教授,博导,主要研究方向为资源环境经济与政策。E-mail: wangxh@hit.edu.cn。

通信作者:冯严超,博士生,主要研究方向为资源环境经济与政策。E-mail: m15002182995@163.com。

基金项目:教育部科技委战略研究重大课题“高校协同创新试点示范研究”(批准号:201306)。

活的危害程度远大于 PM_{10} , 因此本文采用 $PM_{2.5}$ 浓度来衡量雾霾污染^[8]。

国外文献很少直接涉及城市发展质量, 更多的研究关注城市的经济增长^[9]、社会公平^[10]与生态环境^[11]等, 其本质上与城市发展质量的内涵非常相似。而国内学者对城市发展质量内涵的认识, 则由最初的追求经济增长的单一目标向寻求经济发展、社会进步与环境改善等多重目标演进^[12]。从发展观来看, 对城市发展质量的认识也经历了物本发展观、社会发展观、可持续发展观与新发展理念的逐步深化过程^[13]。不同于城市化强调农村人口向城市转移的过程, 城市发展质量则强调城市人口增加、经济增长、社会进步、空间格局等在一定时间点的结果^[14]。概括来讲, 城市发展质量是一个处于动态发展中的包容性概念, 包括了对城市经济、社会和环境等方面全方位评估, 并追求城市公平、效率与生态等方面的综合提升^[14]。

通过采用环境库茨涅兹曲线(EKC)、一般均衡分析法(CGGE)、联立方程组法、面板协整模型与空间计量模型等多种方法, 现有研究就影响雾霾污染的经济社会因素与自然环境要素展开了广泛地探索并取得了丰硕的成果^[2, 5, 8, 15-17]。相比之下, 雾霾污染对经济社会发展反向影响的成果则相对少见^[1]。传统的线性计量模型基于空间独立性与空间均质性的假设, 而忽略了空间依赖性与空间异质性的现实, 导致对雾霾污染影响效果的所得结论具有局限性^[18]。此外, 受制于数据可得性的缺陷, 关于雾霾污染影响因素的现有研究多采用省际数据^[8, 18-19]或部分城市数据^[2, 5, 16, 20-22], 而基于城市全样本的全局性研究则相对匮乏。在少有的全局性研究中, 虽然通过利用空间计量模型可以实现对空间效应的分析, 但考虑到“路径依赖”的影响, 忽略时间效应和时空效应的影响仍会导致系统性偏误^[1, 17-18, 23]。

基于城市数据的研究中, 已有个别文献就雾霾污染与经济发展^[1]、城镇化^[2]、FDI^[5]、产业集聚^[16-17]、城市经济绿色转型^[20]、城市规模^[21]、能源结构^[22]等的关系, 在全局性与异质性(包括区域、规模与时间三个维度)方面进行了有益的探讨, 这为本文的研究提供了丰富的研究视角和方法借鉴, 但相比之下, 雾霾污染对中国城市发展质量的影响还缺乏全面地考察, 这也给本研究提供了空间。

为此, 本文拟采用 2003—2016 年中国 285 个地级及以上城市 $PM_{2.5}$ 浓度数据, 通过设定动态空间滞后模型将空间效应、时间效应与时空效应一并纳入研究框架, 从全局性和异质性(包括区域、规模与时间三个维度)相结合的角度来系统考察雾霾污染对中国城市发展质量的影响, 这不仅可以弥补现有研究的空白, 也可以为后续研究提供参考, 并推动相关研究的进一步发展。

• 2 •

2 研究方法 with 数据来源

2.1 研究方法

为全面分析雾霾污染对城市发展质量影响的空间效应, 本文在采用 Moran's I 指数进行空间效应检验的基础上, 通过构建空间计量模型进一步研究雾霾污染及其他影响因素对城市发展质量的作用机理。为了保证研究结果的稳健性, 除了常见的反距离权重矩阵之外, 本文还分别建立了经济距离矩阵与技术距离矩阵。

(1) 空间权重矩阵。常用的地理属性空间权重矩阵包括邻接权重矩阵和地理距离矩阵, 由于拉萨等多个地级市数据缺失而存在孤岛城市, 邻接权重矩阵无法真实反映空间关联情况, 此处选用地理距离矩阵(W_1), 其形式如式(1)所示:

$$W_{ij}^d = \frac{1}{(d_{ij})^2};$$

$$W_1 = \begin{cases} \frac{W_{ij}^d}{\sum_j W_{ij}^d} & i \neq j \\ 0 & i = j \end{cases} \quad (1)$$

其中, W_{ij} 为第 i 行、 j 列的矩阵元素; d_{ij} 为城市 i 和城市 j 之间的质心距离, 取地理距离平方的倒数可以将不同城市之间的空间关系准确地表达出来。为了简化模型和便于解释结果, 本文将地理距离矩阵进行了行和标准化处理, 并记标准化后的权重为 W_1 。

除了地理属性之外, 城市的经济属性也是产生空间相关性的成因。为此, 本文构建经济距离矩阵, 将地理属性和经济属性有机地结合起来, 从而更加准确地刻画空间效应的非对称性。经济距离矩阵的形式如式(2)所示:

$$W_{ij}^e = W_{ij}^d \times \text{diag}(\bar{Y}_1/\bar{Y}, \bar{Y}_2/\bar{Y}, \dots, \bar{Y}_n/\bar{Y});$$

$$W_2 = \begin{cases} \frac{W_{ij}^e}{\sum_j W_{ij}^e} & i \neq j \\ 0 & i = j \end{cases} \quad (2)$$

其中, $\bar{Y}_i = 1/(t_1 - t_0 + 1) \sum_{t=t_0}^{t_1} Y_{it}$ 为观察期内城市 i 的人均 GDP 平均值, $\bar{Y} = 1/(t_1 - t_0 + 1) \sum_{i=1}^n \sum_{t=t_0}^{t_1} Y_{it}$ 为观察期内所有城市人均 GDP 的平均值。类似地, 本文将经济距离矩阵进行了行和标准化处理, 并记标准化后的权重为 W_2 。

除了经济属性之外, 城市的技术属性也是产生空间相关性的成因。与经济距离矩阵类似, 本文也构建了技术距离矩阵, 其形式如式(3)所示:

$$W_{ij}^t = W_{ij}^d \times \text{diag}(\bar{P}_1/\bar{P}, \bar{P}_2/\bar{P}, \dots, \bar{P}_n/\bar{P});$$

$$W_3 = \begin{cases} \frac{W_{ij}^t}{\sum_j W_{ij}^t} & i \neq j \\ 0 & i = j \end{cases} \quad (3)$$

其中 $\bar{P}_j = 1/(t_1 - t_0 + 1) \sum_{t=t_0}^{t_1} P_{ij}$ 为观察期内城市 i 专利申请授权数的平均值, $\bar{P} = 1/(t_1 - t_0 + 1) \sum_{i=1}^n \sum_{t=t_0}^{t_1} P_{ij}$ 为观察期内所有城市专利申请授权数的平均值。类似地, 本文将技术距离矩阵进行了行和标准化处理, 并记标准化后的权重为 W_3 。

(2) 空间相关性检验。由于不同城市之间经济社会活动联系的普遍性, 忽视空间效应很可能影响到估计结果的无偏性、一致性和有效性, 因此要对 OLS 回归得到的残差是否在空间上相互独立进行空间相关性检验, 以此作为判断方程整体上是否适用空间计量模型的依据。类比于环境库茨涅兹曲线(EKC)中经济增长与环境污染之间存在的“U型”“倒U型”“N型”或“倒N型”曲线关系, 本文首先在模型中加入了雾霾污染的二次项和三次项, 然后与不含三次项的回归结果进行对比, 最终根据拟合效果决定是否含有雾霾污染的三次项, 从而尽可能真实地反映雾霾污染与城市发展质量之间的曲线关系。为了尽可能降低单位量纲和异方差的影响, 所有变量都以自然对数的形式引入方程。通过对 OLS 回归的残差进行 Moran's I 检验, 发现变量之间的空间效应显著为正。因此, 为防止模型假设的系统性偏误, 应该把空间效应考虑到实证分析中。

(3) 空间计量模型。在识别空间相关性以后, 需要进一步构建反映空间效应的空间计量模型。此外, 某城市的发展质量通常与上一期的城市发展质量有关, 即城市发展质量除了存在空间相关性(空间效应), 还存在时间相关性(动态效应), 甚至还有可能存在时空效应。因此, 有必要将静态空间计量模型扩展成动态空间计量模型进行深入分析, 以提高估计精度, 增加模型解释力。

再者, 参考 Elhorst^[21] 的检验思路, 本文采用“从具体到一般”和“从一般到具体”相结合的思路, 并选择时间与个体双固定模型的动态空间滞后模型。最终, 本文的基准公式为:

$$\begin{aligned} \ln UDQ_{it} = & \tau \ln UDQ_{it-1} + \eta W \ln UDQ_{it-1} + \beta_1 \ln PM_{it} + \\ & \beta_2 (\ln PM_{it})^2 + \beta_3 (\ln PM_{it})^3 + \beta_4 \ln FDI_{it} + \\ & \beta_5 \ln ED_{it} + \beta_6 \ln RD_{it} + \beta_7 \ln ES_{it} + \beta_8 \ln IS_{it} + \\ & \beta_9 \ln PD_{it} + \beta_{10} \ln INF_{it} + \beta_{11} \ln ER_{it} + \beta_{12} \ln GD_{it} + \\ & \rho W \ln UDQ_{it} + h_i + \mu_i + u_{it} \end{aligned} \quad (4)$$

其中, W 为空间权重矩阵; ρ 为空间自回归系数; λ 为空间自相关系数; β 和 θ 分别为对应变量的待估系数。 τ 和 η 分别表示城市发展质量的时间滞后项系数与时空滞后项系数; h_i 和 μ_i 分别对应时间效应和个体效应; u_{it} 表示随个体和时间而改变的误差项, 其他符号的说明见数据来源部分。

2.2 数据来源

(1) 被解释变量。城市发展质量(UDQ)。综合国内外学者的研究, 本文从城市发展质量的内涵出发, 以科学性、系统性、可操作性和可比性为原则, 分别从经济发展、社会进步和生态环境 3 个子系统共选取了 15 项评价指标, 建立城市发展质量评价指标体系, 如表 1 所示。本文对人均国内生产总值、人均社会消费品零售总额、人均固定资产投资额等名义指标以 2002 年居民消费价格指数为基期进行了消胀处理。然后, 采用熵值法对数据进行标准化处理以及确定指标权重。

(2) 核心解释变量。雾霾污染(PM)。现阶段对于 $PM_{2.5}$ 浓度的获取, 学者们主要采用三种方法: 第一种方法是将哥伦比亚大学国际地球科学信息网络中心与巴特研究所利用卫星搭载的中分辨率成像光谱仪(MODIS)和多角度成像光谱仪(MISR)测算的气溶胶光学厚度(AOD)测算得到栅格数据, 然后利用 ArcGIS 进行解析而来^[22]; 第二种方法是将卫星以及地面检测数据通过时纳入两阶段空间统计学模型进行测算得到栅格数据, 然后利用 ArcGIS 进行解析而来^[23]; 第三种方法是根据中国环境年报中二氧化硫排放量与 $PM_{2.5}$ 浓度的比值倒推出往年的 $PM_{2.5}$ 浓度^[24]。由于第一种方法得到的 $PM_{2.5}$ 浓度数据与环保部对中国空气污染状况的分析基本一致, 具有较高的可信度, 因而被广泛应用于经济学研究^[25]。与多数学者保持一致, 本文沿用哥伦比亚大学国际地球科学信息网络中心

表 1 中国城市发展质量评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	单位	属性
城市发展质量	经济发展	第二产业从业人员比重	%	+
		第三产业从业人员比重	%	+
		人均地区生产总值	元	+
		人均社会消费品零售总额	元	+
		人均固定资产投资额	元	+
	社会进步	就业密度	人/km ²	+
		人均城市道路面积	m ²	+
		城市建设用地占市区面积比重	%	+
		互联网普及率	%	+
		专利申请授权数	件	+
生态环境		人均绿地面积	km ²	+
		建成区绿化覆盖率	%	+
		工业固体废物综合利用率	%	+
		污水处理厂集中处理率	%	+
		生活垃圾无害化处理率	%	+

与巴特尔研究所联合发布的 $PM_{2.5}$ 年度均值数据作为雾霾污染的代理变量。

(3) 控制变量。①利用外资 (FDI) ,采用实际利用外资金额与当地 GDP 的比值进行测度 ,实际利用外资金额用人民币兑美元的当年平均汇率进行了换算; ②房地产开发 (EST) ,采用人均房地产投资完成额进行测度 ,并以 2002 年居民消费价格指数为基期进行了消胀处理; ③科技投入 (RD) ,采用科学与教育事业费占地方财政预算内支出比率进行测度; ④电力强度 (ES) ,采用人均全社会用电量进行测度; ⑤产业结构 (IS) ,采用工业增加值占 GDP 比例进行测度; ⑥人口密度 (PD) ,采用城区人口与建成区面积的比值进行测度; ⑦交通设施 (INF) ,采用年末人均城市道路面积进行测度; ⑧环境规制 (ER) ,采用二氧化硫去除率进行测度; ⑨绿化程度 (GD) ,采用建成区绿化覆盖率进行测度。

考虑到行政区划的连续性和数据的可得性 ,本文最终选取 2003—2016 年 285 个地级及以上城市(巢湖、铜仁、毕节、三沙、儋州、拉萨、日喀则、昌都、林芝、山南、海东由于行政区划调整或数据缺失严重而删除 ,港澳台不在考察范围之内) 作为研究对象。其中 ,雾霾数据来源于美国巴特尔研究所与哥伦比亚大学国际地球科学信息网络中心的官方网站 ,其他各项指标的原始数据来源于历年的《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国环境统计年鉴》及各省市统计年鉴。对于个别缺失数据 ,本文进行了插补处理。

3 实证分析

3.1 空间计量回归结果分析

基于上文设定的模型 ,采用 2003—2016 年中国 285 个地级及以上城市的面板数据并采用偏误修正极大似然估计方法 ,得到结果如表 2 所示。

从整体上来看 ,3 种空间权重矩阵下 ,不同变量估计结果的符号和显著性相差不大 ,具有较高的稳健性。

从被解释变量来看 ,城市发展质量的时间滞后项在 1% 的显著性水平上呈现出正相关性 ,说明城市发展质量在时间上具有一定的动态性与连续性特征 ,即存在一定的路径依赖现象; 城市发展质量的空间滞后项在 1% 的显著性水平上呈现出正相关性 ,说明城市发展质量具有明显的空间溢出效应; 城市发展质量的时空滞后项虽然都表现为正相关性 ,但在不同空间权重矩阵下的显著性差异较大 ,说明基于不同标准得到的空间权重矩阵会影响到时空效应的测算。

从核心解释变量来看 ,雾霾污染及其二次项和三次项的系数在 5% 的显著性水平上呈现出正、负、正的相关性 ,

表 2 全国城市估计结果

解释变量	空间权重矩阵		
	W_1	W_2	W_3
$\ln UDQ_{it-1}$	0.154 *** (9.469)	0.156 *** (9.570)	0.156 *** (9.613)
$W \times \ln UDQ_{it-1}$	0.051 ** (2.020)	0.035 (1.596)	0.040 * (1.717)
$\ln PM_{it}$	2.497 ** (2.206)	2.484 ** (2.193)	2.543 ** (2.244)
$(\ln PM_{it})^2$	-0.758 ** (-2.138)	-0.757 ** (-2.131)	-0.776 ** (-2.186)
$(\ln PM_{it})^3$	0.073 ** (2.001)	0.073 ** (1.997)	0.075 ** (2.050)
$\ln FDI_{it}$	-0.008 *** (-3.177)	-0.008 *** (-3.154)	-0.007 *** (-3.064)
$\ln ED_{it}$	0.004 (0.541)	0.004 (0.522)	0.004 (0.462)
$\ln RD_{it}$	-0.049 ** (-2.366)	-0.050 ** (-2.403)	-0.051 ** (-2.453)
$\ln ES_{it}$	0.029 * (1.956)	0.030 ** (1.982)	0.030 ** (1.974)
$\ln IS_{it}$	-0.310 *** (-17.721)	-0.310 *** (-17.745)	-0.310 *** (-17.713)
$\ln PD_{it}$	0.008 (0.759)	0.009 (0.778)	0.009 (0.816)
$\ln INF_{it}$	0.045 *** (2.769)	0.046 *** (2.814)	0.046 *** (2.816)
$\ln ER_{it}$	0.004 (0.732)	0.004 (0.672)	0.004 (0.690)
$\ln GD_{it}$	0.028 * (1.757)	0.028 * (1.750)	0.030 * (1.858)
P	0.106 *** (3.982)	0.095 *** (3.502)	0.097 *** (3.374)
个体固定	是	是	是
时间固定	是	是	是
Log-likelihood	-465.576	-468.003	-469.267
R-squared	0.867	0.867	0.867
Obs	3 705	3 705	3 705

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著 ,括号中的数字为 t 统计量。

这说明雾霾污染与城市发展质量之间在全国层面存在“N型”曲线关系。在社会的环境承载容量范围之内,给定其他投入要素,经济单位通过自然资源的消耗可以增加产出水平;但以污染环境为代价换来的个别经济单位的产出提高,会对其他经济单位甚至整体经济的产出或质量带来负外部性^[1]。因此,雾霾污染对城市发展质量的影响才会呈现“N型”的非线性曲线特征。

从控制变量来看,利用外资、科技投入与产业结构的系数分别在1%、5%与1%的显著性水平上为负,说明这3个变量对城市发展质量提升有阻碍作用;电力强度、交通设施与绿化程度的系数分别在10%、1%与10%的显著性水平上显著为正,说明这3个变量对城市发展质量提升有促进作用;房地产开发、人口密度与环境规制的系数都为正但并不显著,说明这3个变量对城市发展质量提升的作用并不明显。具体来说,外资的流入虽然带动了就业和经济增长,但发达国家多将劳动密集型和资源密集型的污染产业转移到发展中国家,并造成严重的环境污染问题,结果利用外资反而成为制约城市发展质量提升的障碍;虽然近年来各级政府加大了对科技的重视和支持力度,当长期形成的“重生产、轻创新”局面根深蒂固,因此我国对科技的支持力度仍需提高,此外科技投入过程中投入方向的固化与考核机制的松散导致资源利用效率不高也是造成上述影响的一个重要因素,因此科技投入也需要在资金管理和考核机制等方面做出调整;虽然当前我国正逐步加快产业结构升级的步伐,但并未从根本上改变粗放型发展模式,工业产值的增加仍是以降低城市发展质量为代价的,推动清洁生产技术与设备的普及,实现发展方式向集约型彻底转变,成为提升城市发展质量的关键;虽然化石能源发电仍在我国能源结构中占有较高的比重,但随着能源消费机构的日益优化,电力强度在支撑城市“绿色发展”方面发挥了重要作用,成为推动城市发展质量提升的主要因素之一;交通设施在降低交易成本、促进商品流通和便利居民生活方面发挥了重要作用,因而也成为推动城市发展质量提升的主要因素之一;随着居民生活水平的提升,公众的环保意识觉醒,绿化程度成为影响城市竞争力的关键,因此提高绿化程度也有力地促进了城市发展质量的提升;房地产行业虽然有力地拉动了城市的经济发展,但部分城市的低效扩张缺乏产业的配套支撑也造就了大量的“鬼城”“空城”等畸形城市状态,因此房地产开发对城市发展质量的影响虽然为正但并不显著;人口密度的增加意味着人口呈现出集聚态势,人口集聚不仅能提高劳动生产率,也能促进经济集聚的形成,而经济集聚常常对应着第二产业占比明显大于第三产业,即高污染产业占比高,在经济效率提升的同时也会造成生态环境的污染,因此人口

密度对城市发展质量的影响虽然为正但并不显著;随着环境污染的加重,更严苛的环境规制措施相继出台,环境规制虽然能通过“补偿效应”和“倒逼效应”推动城市发展质量的提升,但也会因“抵消效应”和“约束效应”抑制城市发展质量的提升,因此环境规制对城市发展质量的影响虽然为正但并不显著。

3.2 异质性分析

上述实证结果表明雾霾污染与城市发展质量之间在全局空间存在较强的依赖性,但局部空间关联情况有可能出现与全局空间相异甚至完全相反的非典型情况,即存在异质性。为了识别这种异质性,本小节分别从区域异质性、规模异质性与时间异质性三个方面展开分析。

(1) 区域异质性。首先,按照国家地理区域划分标准将全国城市划分为东部城市、中部城市与西部城市三大区域,三大区域分别有101个、109个和75个城市。鉴于加入雾霾污染的三次项后,三大区域的核心解释变量都未通过显著性检验,此处采用不含三次项的空间计量模型进行回归。通过空间计量模型的适用性检验,本小节也选用时间与个体双固定的动态空间滞后模型,得到结果如表3所示。

从整体上来看,3种空间权重矩阵下,不同区域城市的变量估计结果符号和显著性相差不大,也具有较高的稳健性。

从被解释变量来看,城市发展质量的动态效应和空间效应在东部城市和中部城市比较显著,而在西部并不显著;东部城市的时空效应显著为负,中部城市的时空效应显著为正,西部城市的时空效应为负但并不显著。上述结果说明城市发展质量的路径依赖和空间溢出效应在东中部地区比较明显且随时间出现分化,而在西部地区则相对薄弱,不同区域之间的城市发展质量存在明显的空间差异性。

从核心解释变量来看,东部城市雾霾污染及其二次项的系数在10%的显著性水平上呈现出负、正的相关性,这说明雾霾污染与东部城市发展质量存在“U型”曲线关系;中部城市雾霾污染及其二次项的系数在5%的显著性水平上呈现出正、负的相关性,这说明雾霾污染与中部城市发展质量存在“倒U型”曲线关系;西部城市雾霾污染及其二次项的系数在10%的显著性水平上也呈现出正、负的相关性,这说明雾霾污染与西部城市发展质量也存在“倒U型”曲线关系。在考察期内,雾霾污染对城市发展质量的影响在三大区域出现分化,这也验证了中国区域非均衡发展战略下的产业转移过程。具体来说,受制于生产成本上升和环境规制力度提高的压力,近年来东部城市的高能耗、高污染产业逐步向中西部城市转移,因此雾霾污

染对东部城市发展质量的压制得到缓解,而代价却是中西部城市发展质量的降低,因此雾霾污染对城市发展质量的影响在东部城市与中西部城市之间存在此消彼长的作用规律。

(2) 规模异质性。首先,以 2016 年市辖区年末人口数为标准,将 100 万以上人口城市设定为大中城市,将 100 万人口及以下城市设定为小城市,大中城市与小城市分别有 154 个和 131 个^[1 20]。鉴于加入雾霾污染的三次项后,小城市的核心解释变量都未通过显著性检验,此处对大中城市和小城市分别采用含三次项的空间计量模型及不含三次项的空间计量模型进行回归。然后,通过空间计量模型的适用性检验,本小节也选用时间与个体双固定的动态空间滞后模型,得到结果如表 4 所示。

从整体上来看,3 种空间权重矩阵下,不同规模城市的变量估计结果符号和显著性相差不大,也具有较高的稳健性。

从被解释变量来看,城市发展质量的动态效应在大中

城市和小城市都比较显著;空间效应在大城市比较显著,而在小城市并不显著;时空效应在大中城市并不显著,而在小城市显著。上述结果说明不同规模城市发展质量都存在明显的路径依赖,城市发展质量的空间溢出效应在大中城市比较明显,而在小城市则需要长时间的积累。

从核心解释变量来看,大中城市的雾霾污染及其二次项和三次项的系数都呈现出正、负、正的相关性,且通过了 1% 的显著性检验,即雾霾污染与大中城市发展质量存在“N 型”曲线关系;小城市的雾霾污染及其二次项的系数都呈现出正、负的相关性,且分别通过了 10%、5% 的显著性检验,即雾霾污染与小城市发展质量存在“倒 U 型”曲线关系,异质性在规模层面同样存在。上述结果说明经过近几年的“去产能”等产业转型升级措施,雾霾污染对大中城市的抑制作用已经率先得到扭转,而对小城市的抑制作用仍需改进,在下一步的雾霾防治工作中应提高对小城市的重视,通过联防联控推动生态环境质量和城市发展质量的全面提升。

表 3 区域异质性估计结果

解释变量	东部城市			中部城市			西部城市		
	W_1	W_2	W_3	W_1	W_2	W_3	W_1	W_2	W_3
$\ln UDQ_{it-1}$	0.293 *** (10.244)	0.295 *** (10.291)	0.292 *** (10.175)	0.178 *** (6.667)	0.176 *** (6.600)	0.176 *** (6.616)	0.037 (1.207)	0.037 (1.208)	0.037 (1.209)
$W \times \ln UDQ_{it-1}$	-0.109 ** (-2.573)	-0.115 *** (-2.731)	-0.101 ** (-2.330)	0.125 *** (2.852)	0.083 * (1.931)	0.131 *** (2.612)	-0.001 (-0.046)	-0.001 (-0.042)	-0.001 (-0.013)
$\ln PM_{it}$	-1.132 * (-1.853)	-1.135 * (-1.855)	-1.072 * (-1.754)	0.715 ** (2.067)	0.724 ** (2.094)	0.738 ** (2.130)	1.315 * (1.944)	1.314 * (1.938)	1.303 * (1.924)
$(\ln PM_{it})^2$	0.168 ** (2.015)	0.170 ** (2.027)	0.161 * (1.930)	-0.115 ** (-2.262)	-0.116 ** (-2.288)	-0.117 ** (-2.311)	-0.209 ** (-1.986)	-0.208 ** (-1.980)	-0.206 ** (-1.965)
ρ	0.238 *** (7.545)	0.240 *** (7.572)	0.255 *** (7.638)	0.074 ** (2.316)	0.106 *** (3.273)	0.103 *** (3.087)	0.000 (0.000)	0.001 (0.021)	0.008 (0.143)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是	是	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是	是	是	是	是	是
Log-likelihood	108.514	106.659	107.403	-22.693	-22.125	-22.210	-327.294	-327.447	-327.623
R-squared	0.864	0.863	0.863	0.884	0.884	0.884	0.827	0.827	0.827
obs	1 313	1 313	1 313	1 417	1 417	1 417	975	975	975

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号中的数字为 t 统计量。

(3) 时间异质性。首先,考虑到所选样本的考察期为 2003—2016 年,期间发生了 2008 年金融危机及中国政府随之推出的“四万亿救市计划”,政策的冲击有可能对中国城市发展质量产生影响。考虑到政策实施效果的滞后性,本小节以 2009 年为节点将研究样本拆分为 2003—2009 年与 2010—2016 年两个子样本。鉴于加入雾霾污染的三次项后,2010—2016 年研究样本的核心解释变量都未通过显著性检验,此处对 2003—2009 年与 2010—2016 年两个子样本分别采用含三次项的空间计量模型及不含三次项的空间计量模型进行回归。通过空间计量模型的适用性检验,本小节也选用时间与个体双固定的动态空间滞后模型,得到结果如表 5 所示。

从整体上来看,3 种空间权重矩阵下,不同时间城市的变量估计结果符号和显著性相差不大,也具有较高的稳健性。

从被解释变量来看,城市发展质量的动态效应在 2003—2009 年和 2010—2016 年都比较显著;空间效应在 2010—2016 年比较显著,而在 2003—2009 年并不显著;时

空效应在 2003—2009 年并不显著,而 2010—2016 年在经济距离矩阵和技术距离矩阵中显著,在地理距离矩阵中并未通过显著性检验。上述结果说明不同时间城市发展质量都存在明显的路径依赖,城市发展质量的空间溢出效应随时间逐步增强,不同空间权重矩阵对不同时间城市发展质量时空效应测算的影响有明显的差异。

从核心解释变量来看,2003—2009 年研究样本的雾霾污染及其二次项和三次项的系数都呈现出正、负、正的相关性,且分别通过了 5%、10%、10% 的显著性检验,即雾霾污染与城市发展质量在 2003—2009 年存在“N 型”曲线关系;2010—2016 年研究样本的雾霾污染及其二次项的系数都呈现出正、负的相关性,地理距离矩阵下的雾霾污染通过了 10% 的显著性检验,经济距离矩阵和技术距离矩阵下雾霾污染并未通过显著性检验,三个空间权重矩阵下的雾霾污染二次项都通过了 5% 的显著性检验,即雾霾污染与城市发展质量在 2010—2016 年存在较弱的“倒 U 型”曲线关系,异质性在时间层面同样存在。上述结果说明雾霾污染对城市发展质量的影响在时间上具有一定的阶段性、

表 4 规模异质性估计结果

解释变量	大中城市			小城市		
	W_1	W_2	W_3	W_1	W_2	W_3
$\ln UDQ_{it-1}$	0.136 *** (5.910)	0.138 *** (5.998)	0.138 *** (5.974)	0.171 *** (7.573)	0.173 *** (7.652)	0.170 *** (7.526)
$W \times \ln UDQ_{it-1}$	0.023 (0.709)	0.018 (0.659)	0.024 (0.828)	0.139 *** (3.764)	0.136 *** (3.828)	0.153 *** (3.897)
$\ln PM_{it}$	7.975 *** (2.637)	8.016 *** (2.642)	7.984 *** (2.633)	0.615 * (1.939)	0.612 * (1.928)	0.608 * (1.915)
$(\ln PM_{it})^2$	-2.339 *** (-2.649)	-2.358 *** (-2.662)	-2.352 *** (-2.657)	-0.117 ** (-2.390)	-0.118 ** (-2.404)	-0.117 ** (-2.378)
$(\ln PM_{it})^3$	0.225 *** (2.639)	0.228 *** (2.658)	0.227 *** (2.654)			
ρ	0.133 *** (4.471)	0.102 *** (3.448)	0.113 *** (3.725)	0.015 (0.586)	0.002 (0.060)	0.020 (0.786)
控制变量	是	是	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是	是	是
Log-likelihood	-336.258	-339.760	-339.652	-73.634	-73.591	-72.865
R-squared	0.860	0.859	0.859	0.875	0.875	0.875
obs	2 002	2 002	2 002	1 703	1 703	1 703

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号中的数字为 t 统计量。

动态性和延续性。

3.3 传导机制分析

以上研究结果表明,雾霾污染对城市发展质量的影响具有差异性、复杂性、阶段性与动态性等特征。那么,雾霾污染影响城市发展质量的传导机制是什么?考虑到中国快速推进的城市化进程不仅有效转移了农村的富余劳动力,而且为城市发展提供了充足的劳动力,本小节选用城市化机制作为雾霾污染对城市发展质量影响的传导机制展开探索性分析。其中,城市化(UR)变量由非农人口占总人口的比例来代理。

首先,选取城市化变量作为被解释变量,核心解释变量与控制变量不变。鉴于加入雾霾污染的三次项后,雾霾污染及其二次项的显著性并未出现明显变化,此处采用含三次项的空间计量模型进行回归。然后,通过空间计量模型的适用性检验,本小节也选用时间与个体双固定的动态空间滞后模型,得到结果如表 6 所示。

当城市化作为被解释变量时,从整体上来看,3 种空间权重矩阵下,不同城市的变量估计结果符号和显著性相差

不大,也具有较高的稳健性。从被解释变量来看,城市化具有明显的路径依赖和空间溢出效应,而时空效应并不显著。从核心解释变量来看,雾霾污染及其二次项和三次项的系数都呈现出负、正、负的相关性,但只有三次项系数中的两个值勉强通过 10% 的显著性检验,即霾污染与城市化之间的“倒 N 型”曲线关系相对较弱。

当城市化为核心解释变量时,从整体上来看,3 种空间权重矩阵下,不同城市的变量估计结果符号和显著性相差不大,也具有较高的稳健性。从被解释变量来看,城市发展质量同样具有明显的路径依赖和空间溢出效应,而时空效应虽然也为正,但仅在地理距离矩阵和技术距离矩阵中显著,而在经济距离矩阵中并不显著。城市发展质量的时间滞后项在 1% 的显著性水平上呈现出正相关性,说明城市发展质量的路径依赖现象在城市化作为核心解释变量时也成立。从核心解释变量来看,城市化及其二次项和三次项的系数都呈现出正相关性,但只有城市化的系数通过了 10% 的显著性检验,即城市化是推动城市发展质量提升的主要动力得到验证。由于城市化进程往往伴随着

表 5 时间异质性估计结果

解释变量	2003—2009 年			2010—2016 年		
	W_1	W_2	W_3	W_1	W_2	W_3
$\ln UDQ_{it-1}$	0.076 *** (2.675)	0.076 *** (2.683)	0.076 *** (2.669)	0.308 *** (10.845)	0.311 *** (10.949)	0.320 *** (11.276)
$W \times \ln UDQ_{it-1}$	0.003 (0.058)	-0.001 (-0.013)	0.021 (0.428)	-0.061 (-1.451)	-0.071 * (-1.727)	-0.097 ** (-2.323)
$\ln PM_{it}$	4.589 ** (2.082)	4.563 ** (2.072)	4.538 ** (2.059)	0.415 * (1.712)	0.394 (1.623)	0.374 (1.555)
$(\ln PM_{it})^2$	-1.290 * (-1.904)	-1.281 * (-1.892)	-1.273 * (-1.880)	-0.081 ** (-2.258)	-0.078 ** (-2.169)	-0.074 ** (-2.088)
$(\ln PM_{it})^3$	0.122 * (1.783)	0.121 * (1.770)	0.120 * (1.755)			
ρ	0.051 (1.488)	0.048 (1.382)	0.044 (1.191)	0.198 *** (7.205)	0.186 *** (6.625)	0.238 *** (8.284)
控制变量	是	是	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是	是	是
Log-likelihood	-500.576	-500.435	-500.774	752.303	749.391	756.296
R-squared	0.793	0.793	0.793	0.927	0.927	0.928
obs	1 710	1 710	1 710	1 710	1 710	1 710

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号中的数字为 t 统计量。

人口和工业的集聚,从而可能反向影响雾霾污染,导致雾霾污染对城市化与城市发展质量的影响在全国层面存在此消彼长的作用规律。

4 结论与政策启示

本文基于 2003—2016 年中国 285 个地级及以上城市的面板数据,采用动态空间滞后模型,通过设置 3 种空间权重矩阵,着重分析了雾霾污染对城市发展质量的影响。

研究结果总结如下。

(1) 雾霾污染与城市发展质量在全国层面存在“N 型”曲线关系,而与城市化在全面层面存在较弱的“倒 N 型”曲线关系。雾霾污染对城市化与城市发展质量的影响在全国层面存在此消彼长的作用规律。

(2) 雾霾污染与东部城市发展质量存在“U 型”曲线关系,而与中西部城市发展质量存在“倒 U 型”曲线关系,雾霾污染对城市发展质量的影响在区域层面也存在此消

表 6 传导机制估计结果

解释变量	被解释变量: 城市化			被解释变量: 城市发展质量		
	W_1	W_2	W_3	W_1	W_2	W_3
$\ln UR_{i,t-1}$	0.801 *** (68.389)	0.801 *** (68.574)	0.805 *** (69.751)			
$W \times \ln UR_{i,t-1}$	-0.035 (-1.518)	-0.038 (-1.632)	0.002 (0.078)			
$\ln PM_{it}$	-1.034 (-1.566)	-1.041 (-1.575)	-1.004 (-1.515)			
$(\ln PM_{it})^2$	0.333 (1.608)	0.334 (1.615)	0.323 (1.556)			
$(\ln PM_{it})^3$	-0.035* (-1.646)	-0.035* (-1.650)	-0.034 (-1.593)			
$\ln UDQ_{i,t-1}$				0.156 *** (9.575)	0.158 *** (9.681)	0.158 *** (9.732)
$W \times \ln UDQ_{i,t-1}$				0.051 ** (2.019)	0.035 (1.580)	0.038* (1.649)
$\ln UR_{it}$				0.146* (1.906)	0.145* (1.902)	0.150** (1.964)
$(\ln UR_{it})^2$				0.095 (1.135)	0.095 (1.131)	0.100 (1.190)
$(\ln UR_{it})^3$				0.019 (0.736)	0.020 (0.741)	0.021 (0.796)
ρ	0.106 *** (5.371)	0.110 *** (5.524)	0.077 *** (3.639)	0.111 *** (4.182)	0.098 *** (3.622)	0.101 *** (3.526)
控制变量	是	是	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是	是	是
Log-likelihood	1 529.372	1 527.768	1 519.362	-466.702	-469.227	-470.785
R-squared	0.919	0.918	0.918	0.867	0.867	0.867
obs	3 705	3 705	3 705	3 705	3 705	3 705

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号中的数字为 t 统计量。

彼长的作用规律。

(3) 雾霾污染与大中城市发展质量存在“N型”曲线关系,而与小城市发展质量存在“倒U型”曲线关系,雾霾污染对大中城市的抑制作用已经率先得到扭转,而对小城市的抑制作用仍需改进,雾霾污染对城市发展质量的影响在规模层面具有明显的差异性。

(4) 雾霾污染与城市发展质量在2003—2009年存在“N型”曲线关系,而在2010—2016年存在较弱的“倒U型”曲线关系,雾霾污染对城市发展质量的影响在时间层面具有一定的阶段性、动态性和延续性。

(5) 利用外资、科技投入与产业结构对城市发展质量提升有阻碍作用,电力强度、交通设施与绿化程度对城市发展质量提升有促进作用,房地产开发、人口密度与环境规制对城市发展质量的影响在统计上并不显著。

根据上述实证结论,本文提出以下政策建议:第一,内部治理、外部协调,通过内外互动防止雾霾污染转移的“公地悲剧”;第二,政府引导、企业主导,通过建立有效的激励约束机制推动雾霾污染治理的“见贤思齐”;第三,淡化速度、强化质量,通过创新驱动与产业升级逐步扭转城市发展质量的“路径依赖”;第四,优化结构、净化产能,通过构筑良性竞争机制推动城市发展质量的“逐顶竞争”;第五,深度开发、适度集聚,通过有效利用城市空间资源发挥规模经济的“溢出效应”。

(编辑:王爱萍)

参考文献

- [1]陈诗一,陈登科. 雾霾污染、政府治理与经济高质量发展[J]. 经济研究,2018,53(2):20-34.
- [2]梁伟,杨明,张延伟. 城镇化率的提升必然加剧雾霾污染吗?——兼论城镇化与雾霾污染的空间溢出效应[J]. 地理研究,2017,36(10):1947-1958.
- [3]苑德宇,李德刚,杨志勇. 外商直接投资进入是否增进了中国城市基础设施绩效[J]. 世界经济,2017,40(8):143-166.
- [4]王兴杰,谢高地,岳书平. 经济增长和人口集聚对城市环境空气质量的影响及区域分异——以第一阶段实施新空气质量标准的74个城市为例[J]. 经济地理,2015,35(2):71-76,91.
- [5]李力,唐登莉,孔英,等. FDI对城市雾霾污染影响的空间计量研究——以珠三角地区为例[J]. 管理评论,2016,28(6):11-24.
- [6]高广阔,王琼璞. 中国雾霾污染形成机理的研究进展[J]. 生态经济,2017,33(9):106-109.
- [7]东童童. 雾霾污染($PM_{2.5}$)、工业集聚与工业效率的交互影响研究[J]. 软科学,2016,30(3):26-30.
- [8]蔡海亚,徐盈之. 产业协同集聚、贸易开放与雾霾污染[J]. 中国人口·资源与环境,2018,28(6):93-102.
- [9]GONZALEZ-GORMAN S, KWON S W, BAK D, et al. Can cities attract affordable housing for economic development? the roles of

- growth management policies and urban political institutions [J]. Journal of public and nonprofit affairs, 2018, 4(2):181-196.
- [10]GENG S S, MA J Q, LIU S S, et al. Lack of dietary diversity contributes to the gaps in micronutrient status and physical development between urban and rural infants [J]. Iranian journal of public health, 2018, 47(7):958-966.
- [11]HARUNA A I, OPPONG R A, MARFUL A B. Exploring eco-aesthetics for urban green infrastructure development and building resilient cities: a theoretical overview [J]. Cogent social sciences, 2018, 4(1):1-18.
- [12]王德利. 中国城市群城镇化发展质量的综合测度与演变规律[J]. 中国人口科学,2018(1):46-59,127.
- [13]陈强,胡雯,鲍悦华. 城市发展质量及其测评:以发展观为主导的演进历程[J]. 经济社会体制比较,2014(3):14-23.
- [14]杨文. 城市发展质量及其空间分异研究[D]. 北京:中国农业大学,2017.
- [15]刘海猛,方创琳,黄解军,等. 京津冀城市群大气污染的时空特征与影响因素解析[J]. 地理学报,2018,73(1):177-191.
- [16]杨嵘,郭欣欣,王杰,等. 产业集聚与雾霾污染的门槛效应研究——以我国73个 $PM_{2.5}$ 重点监测城市为例[J]. 科技管理研究,2018,38(19):123-130.
- [17]罗能生,李建明. 产业集聚及交通联系加剧了雾霾空间溢出效应吗?——基于产业空间布局视角的分析[J]. 产业经济研究,2018(4):52-64.
- [18]邵帅,李欣,曹建华. 中国的城市化推进与雾霾治理[J]. 经济研究,2019,54(2):148-165.
- [19]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,2016,51(9):73-88.
- [20]陈诗一,程时雄. 雾霾污染与城市经济绿色转型评估:2004—2016[J]. 复旦学报(社会科学版),2018(6):122-134.
- [21]YUAN M, HUANG Y P, SHEN H F, et al. Effects of urban form on haze pollution in China: spatial regression analysis based on $PM_{2.5}$ remote sensing data [J]. Applied geography, 2018, 98:215-223.
- [22]陈诗一,陈登科. 能源结构、雾霾治理与可持续增长[J]. 环境经济研究,2016(1):59-75.
- [23]张生玲,王雨涵,李跃,等. 中国雾霾空间分布特征及影响因素分析[J]. 中国人口·资源与环境,2017,27(9):15-22.
- [24]ELHORST J P. Matlab software for spatial panels [J]. International regional science review, 2014, 37(3):389-405.
- [25]严雅雪,齐绍洲. 外商直接投资对中国城市雾霾($PM_{2.5}$)污染的时空效应检验[J]. 中国人口·资源与环境,2017,27(4):68-77.
- [26]MA Z W, HU X F, SAYER A M, et al. Satellite-based spatiotemporal trends in $PM_{2.5}$ concentrations: China, 2004—2013 [J]. Environmental health perspectives, 2016, 124(2):184-192.
- [27]魏巍贤,马喜立. 能源结构调整与雾霾治理的最优政策选择

[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(7): 6-14.

响 [J]. 中国工业经济, 2014(4): 19-31.

[28] 马丽梅, 张晓. 中国雾霾污染的空间效应及经济、能源结构影

Impacts of haze pollution on urban development quality in China

WANG Xiao-hong FENG Yan-chao

(School of Economics and Management, Harbin Institute of Technology, Harbin Heilongjiang 150001, China)

Abstract The entropy method is used to calculate the urban development quality of 285 prefecture-level cities and above in China from 2003 to 2016. Based on the dynamic spatial auto-regressive model, the geographic distance matrix, economic distance matrix and technical distance matrix are set up to analyze the global and heterogeneity effects of haze pollution on urban development quality in China. The result shows that there is an 'N'-shaped curve relationship between haze pollution and urban development quality at the national level, and there is an inverted 'N'-shaped curve relationship between haze pollution with urbanization at the comprehensive level. The influence of haze pollution on urbanization and urban development quality has the law of wane and wax at the national level. Moreover, haze pollution not only has a 'U'-shaped curve relationship with the urban development quality in the eastern region, but also has an inverted 'U'-shaped curve relationship with the urban development quality in the central and western regions. The influence of urban development quality also has a wane and wax effect at the regional level. Furthermore, there is an 'N'-shaped curve relationship between haze pollution and the development quality of large and medium-sized cities, but an inverted 'U'-shaped curve relationship with the development quality of small cities. The inhibitory effect of haze pollution on large and medium-sized cities has been reversed initially, while the inhibitory of small cities still needs to be improved. Last but not least, the impact of haze pollution on urban development quality has significant differences in scale. The relationship between haze pollution and urban development quality during 2003-2009 is a 'N'-shaped curve, while there is a weak inverted 'U'-shaped curve during 2010-2016. The influence of haze pollution on urban development quality has certain stages, dynamics and continuity at the time level. In the long run, we should make efforts from the following aspects: The first is internal governance and external coordination, so as to prevent the occurrence of 'tragedy of the commons' of haze pollution through internal and external interactions; the second is government guidance and enterprise leadership, so as to promote the 'to see a wise, good man and try to emulate him' of haze control through the establishment of effective incentive and restraint mechanisms; the third is weakening the speed and strengthening the quality, so as to transform the 'path dependence' of urban development quality through technological innovation and industrial upgrading gradually; the fourth is optimizing structure and purifying production capacity, so as to promote the 'top-level competition' of urban development quality by constructing a benign competition mechanism; the fifth is deep development and moderate agglomeration, so as to achieve the 'spillover effect' of scale economy by effectively utilizing urban spatial resources.

Key words haze pollution; spatial spillover effect; urban development quality