

发展不平衡对中国雾霾污染空间外溢效应的影响研究

聂国卿¹, 朱银彦², 张家培²

(1. 湖南工商大学经济与贸易学院, 湖南长沙, 410205;

2. 湖南工商大学资源环境学院, 湖南长沙, 410205)

摘要:为积极应对双碳目标约束下的雾霾污染挑战,探究更有效的雾霾污染治理模式,选择从发展不平衡的视角对中国雾霾污染的空间外溢现象的形成机理进行理论阐述,并运用空间杜宾模型(SDM)对中国城市雾霾污染的空间外溢效应进行了实证分析。研究结论表明:发展不平衡背景下中国城市间的雾霾污染存在普遍的空间溢出效应,将发展不平衡因素纳入雾霾污染的空间溢出模型进行研究,对中国的雾霾污染外溢现象具有更好的解释效果;发展不平衡的程度加剧会显著增强雾霾污染的溢出效应,反之,则有利于降低污染的空间溢出效应;发展不平衡对中国雾霾污染空间溢出的结构效应也存在显著的影响,在雾霾污染的空间转移过程中,发达地区通常比欠发达地区处于更有利的地位。政策建议如下:高度重视发展不平衡因素对雾霾污染的影响效应,统筹谋划区域经济协调发展与雾霾污染防治整体效果的提升问题;高度重视跨行政区域之间的雾霾污染协作治理机制建设,提升我国大气环境治理体系与治理能力的现代化水平;高度重视发达地区与欠发达地区之间的利益平衡问题,创新生态补偿机制,建立公平与效率并重的中国大气环境治理新模式。

关键词:发展不平衡;雾霾污染;溢出效应;空间杜宾模型(SDM)

中图分类号:X196

文献标识码:A

文章编号:1672-3104(2022)04-0080-14

一、引言

20世纪90年代初,Grossman、Krueger^[1-2],Shafik、Bandyopadhyay^[3]和Panayotou^[4]等通过借鉴Kuznets^[5]研究收入分配时提出的库兹涅茨曲线研究成果,创造性地提出了环境库兹涅茨曲线(EKC)假说,即从长期看,经济增长与环境污染之间会呈现倒U形关系。EKC假说的提出,为人们从宏观层面探索经济发展与环境质量变化之间的规律开拓了一片广阔的发展新空间。此后,聚焦该假说的理论阐述、统计检验及政策含义等成为学者们的重要研究内容,并推动人们对

宏观环境-经济演化发展规律认识的不断拓展深化。特别是随着以水污染、大气污染为代表的跨区域环境问题日益凸显,污染的空间溢出效应也开始进入学者们的研究视野,在传统EKC曲线研究框架基础上,引入空间计量方法来分析污染空间溢出效应的文献日渐增多,代表性的研究成果有:Anselin^[6]指出,由于受风流、水流等自然因素和产业转移、跨域贸易和环境政策等人为因素的影响,环境污染具有空间溢出效应;Rupasingha等^[7]在研究美国郡县的人均GDP与有毒污染物之间的关系时,将空间因素纳入一个综合的EKC模型框架之中,得出两者之间具有N型关系的结论;Poon等^[8]在考察中国大气污染与经济发展之间的关系时,将高污染邻地对本地的

收稿日期:2022-03-12;修回日期:2022-06-18

基金项目:国家社科基金重点项目“经济发展差异视角下我国跨区域环境治理的协调联动机制研究”(17AJY010);湖南省教育厅重点项目“生态文明视阈下协同推进湖南经济高质量发展与生态环境保护的理论研究与政策研究”(19A279)

作者简介:聂国卿,男,湖南双峰人,博士,湖南工商大学经济与贸易学院教授,主要研究方向:环境经济学、区域可持续发展,联系邮箱:hnnieguoqing@163.com.;朱银彦,女,湖南双峰人,湖南工商大学资源环境学院硕士研究生,主要研究方向:环境经济学;张家培,男,山东滕州人,湖南工商大学资源环境学院硕士研究生,主要研究方向:环境经济学

污染转移效应纳入实证模型的分析框架,证实了二氧化硫排放与经济增长之间存在倒 U 关系,而烟尘排放与经济增长之间则存在 U 形关系的结论; Hosseini 等^[9]利用空间面板数据模型,对 1990—2007 年亚洲国家的 CO₂ 和 PM₁₀ 污染物进行了估计,其研究表明,空间自相关可以分别解释 10%和 17%的亚洲国家 CO₂ 和 PM₁₀ 污染物水平的变化; Grivas G 等^[10]收集了 2001—2004 年希腊空气质量监测网络在大雅典地区 8 个站点的 PM₁₀ 浓度数据,通过聚类分析发现,当地雾霾污染程度受邻地雾霾浓度的影响,且雾霾污染还可长距离地影响其他地区。此后,一些国内学者也开始聚焦污染的空间溢出问题,展开了相关研究。邵帅等^[11]采用动态空间滞后模型探究了经济增长对雾霾污染的影响,其研究表明,中国省域雾霾污染呈现显著空间溢出效应和高排放俱乐部集聚特征,且雾霾污染与经济增长之间呈 U 形关系。汪聪聪等^[12]运用空间计量模型对长三角地区城市的雾霾空间格局进行了分析,指出雾霾污染存在显著的城际空间正相关和空间溢出效应,经济集聚可有效抑制雾霾污染,但经济增长与雾霾污染之间不存在倒 U 形关系。张明等^[13]通过建立空间杜宾模型探究经济增长对雾霾污染的影响,其研究表明,我国东西部省区经济增长对雾霾污染的溢出效应存在正向影响,而中部地区经济增长则对雾霾污染的溢出效应具有反向影响。陈世强等^[14]采用空间动态面板模型对黄河流域地级市雾霾污染情况进行分析,发现其具有明显的正向空间溢出效应和高值空间集聚特征,全域的雾霾污染浓度与经济增长之间呈现 U 形关系。梁伟等^[15]对城镇化与雾霾污染的关系研究表明,二者都存在显著的空间溢出效应,且随着城镇化水平的提升,经济发展与雾霾污染之间会呈现 N 形曲线关系。付云鹏^[16]采用空间计量方法对碳排放的影响因素进行分析,证实了我国地区间的碳排放存在显著的空间自相关性,且产业结构和人口规模对碳排放影响为正,技术进步对碳排放的影响为负。屈超等^[17]在基于引力模型的空间权重矩阵基础上,分析了雾霾污染的空间集聚特征及其影响因素,结果表明,空气中的湿度、温度与风速均能对城市 PM_{2.5} 浓度产生显著影响,且本

地 PM_{2.5} 对邻近城市也具有显著的空间溢出效应。孙攀等^[18]运用动态空间杜宾面板数据模型对中国经济增长与雾霾污染之间的关系以及引致雾霾污染空间溢出的因素进行了探究,得出了雾霾污染 EKC 曲线存在以及雾霾污染具有显著的空间溢出效应的结论。李惠莹等^[19]运用空间杜宾模型证实了 AQI 指数与经济增长之间的负相关关系,得出了现阶段经济增长是以损害空气质量为代价的结论。任亚运^[20]基于 STIRPAT 模型,通过空间计量方法实证了雾霾污染具有显著的空间溢出效应,并得出城市创新能缓解雾霾污染的结论。上述代表性研究成果不断拓展并深化了人们对经济发展过程中环境质量变化规律的认识,也为本文的研究奠定了很好的文献基础。

中国自改革开放以来,经济发展取得了举世瞩目的巨大成就,经过短短 40 多年的时间就从一个贫穷落后的农业国家发展成为世界上工业门类最全的制造业大国,也成为仅次于美国的世界第二大经济体。但是,这种具有鲜明中国特色的“压缩型”工业化进程也让我们承受了比传统西方发达国家更大的环境压力。以大气污染防治为例,自 20 世纪 90 年代后期开始,随着公众对空气质量恶化关注度的上升,政府对大气污染防治力度也逐年加大,特别是党的十八大以来,中国对大气质量改善的重视程度进入了一个新阶段。2013 年秋,中国公布了《大气污染防治行动计划》,提出了到 2017 年底全国所有城市的 PM_{2.5} 浓度要比 2012 年降低至少 10%的具体目标。2018 年,生态环境部又提出了一项新的三年空气质量计划,为落实中央提出的蓝天保卫战明确了具体任务。2021 年 11 月 7 日,《中共中央国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》发布,对打好蓝天保卫战作出了最新的部署。实事求是地说,在党的十八大以后的短短不到十年的时间里,中国在空气质量改善方面确实取得了前所未有的进展,但尽管如此,由于我们的历史欠账较多,进一步改善大气质量依然任重道远。迄今为止,中国还有超过一半人口生活在细颗粒物污染超过国家标准的地区,超过 95%的人口依然生活在年平均细颗粒物污染水平超过世界卫生组织指导标准的地区。特别是作为一个发展中的

大国,我国各地经济社会发展不平衡的状况也是一个不争的事实,经济发展差异的扩大进一步加剧了不同地区之间发展目标与环境目标的利益冲突,也使得雾霾污染的跨区域空间转移问题更加突出。如何从区域发展不平衡的视角来探讨雾霾污染的空间溢出效应,深入分析发展不平衡对跨域污染转移的影响机理,对我们进一步深化认识环境-经济演化发展规律,并顺应时代发展要求,在双碳目标约束下坚决打赢蓝天保卫战具有重要的理论与现实意义。

综观上述相关理论研究成果,结合中国目前的经济发展特征与面临的大气污染防治情势分析,我们认为目前的相关研究主要还存在以下三个方面的不足:一是对经济发展与大气环境质量演化规律的认识尚有不足,现有文献的研究重心主要聚焦在经济增长对大气质量的影响方面,相对地忽略了发展不平衡因素对大气环境变化带来的挑战,而不平衡不充分的发展与人民日益增长的美好生活需要之间的矛盾已经成为我国社会主要矛盾,深入探讨和研究发展不平衡对大气质量的影响将更具时代紧迫感;二是现有研究在分析大气环境质量的空间溢出效应时,主要是通过构建空间相邻矩阵、地理距离权重矩阵等来分析不同地区之间大气污染相互渗透影响的空间对称效应,相对地忽视了在经济发展不平衡的现实约束下,不同发展水平地区之间大气质量的空间交互影响可能不对等的这一事实;三是现有研究关于发展不平衡因素对环境治理成效影响的关注度不够,从发展不平衡的视角来探讨如何改革完善我国环境治理政策的研究成果较少。本文的研究将主要针对以上三个方面的不足进行突破,并力图做出边际贡献。我们认为,超越既定行政区划范围的大气环境具有显著的公共产品属性,需要彼此互不隶属的地方政府之间加强协作,才能避免环境治理“公地悲剧”结果的出现,而区域经济发展差异的扩大无疑会对大气污染的空间转移及协作治理产生影响。所以,充分考虑中国经济不平衡发展过程中大气环境质量的时空变化状况,在传统 EKC 分析框架基础上,根据雾霾污染跨域转移的事实表征,构建更合适的空间权重矩阵,对中国雾霾污染演化发展规律

进行进一步深入研究是十分必要的。

二、发展不平衡对雾霾污染空间外溢影响的理论阐释

(一) 雾霾污染空间外溢现象产生的根源

雾霾污染的空间外溢现象通常是指不同行政区之间的空气质量存在着相互影响的关系,其相互影响的范围和程度一般受自然因素与经济社会因素这两个方面的制约。前者主要包括地理特征、气候条件等要素,后者主要涉及经济社会发展方方面面的,如经济发展状况,产业结构及产业转移状况,人口数量及其分布比例情况,技术进步及对外开放水平等。总之,雾霾污染产生的因素不仅包括社会经济内因,还包括自然外因的作用,如年均风速、地形起伏度、植被覆盖率等,且社会内因以正向作用为主,自然外因表现为负向影响^[21]。同时,基于大气天然具有的空间流动性特征,一个地方的空气质量不仅受当地自然因素和社会经济因素的影响,也与其他地区的同类指标息息相关,我们将这种相关性称为空间依赖或者空间自相关。那么,到底是自然因素还是经济社会因素对雾霾污染的空间外溢起着主导作用呢?我们认为,主要还是各地自身的经济社会发展因素起着主导作用。以城市为例,某个城市空气质量的好坏主要取决于该城市内各类污染源的分布状况、经济社会的发展状况以及相关的治污政策等,这是决定当地污染水平的内在因素,也是导致城市雾霾污染的内因。而地理特征与气象条件等自然因素只是影响该市大气自净能力的外部客观条件,是影响污染转移扩散的外因之一。只有当一个地方通过内在因素“制造”出更多的污染物时,才有可能借助外在自然因素向其他地方扩散转移。换句话说,如果没有内因产生的污染,外因导致的污染外溢便无从谈起。更进一步分析,我们发现,气象条件等自然因素也并不是导致地区之间污染转移的必然条件,譬如,污染产业转移造成的污染外溢现象就与地理位置及气象条件等基本无关,它主要取决于各地经济发展状况及相关产业政策与环境政策等因素。

(二) 发展不平衡对雾霾污染空间外溢效应的影响分析

本文所引述的“发展不平衡”这个概念特指狭义层面的“经济发展不平衡”, 主要强调我国在经济领域发展方面存在的失衡现象, 如各地经济增长速度、规模、结构等方面的失衡现象。发展不平衡不仅制约着我国整体经济发展质量的提升, 也对大气环境质量走势产生重要影响。

(1) 发展不平衡会加剧区域经济发展的环境负外部性问题, 导致雾霾污染的空间外溢现象更加严重和普遍。首先, 发展越不平衡, 地区之间的经济发展水平差异越大, 地方政府之间关于发展优先还是环保优先的目标理念上的差异也越明显, 这将进一步强化地区之间向外转移环境污染的动机, 更容易催生雾霾污染的跨域空间转移现象。一方面, 经济发展相对落后地区为了尽快摆脱落后状态, 会更加重视自身的“发展优先权”, 并进一步强化其向辖区外转移环境成本的动机。因为欠发达地区的政府从自身利益最大化原则出发, 只要转移出去的环境成本越多, 承担的公共环境治理义务越少, 就越能集中更多资源加快自身经济发展, 缩小与发达地区的差距。另一方面, 相比欠发达地区而言, 经济发达地区的发展水平越高, 人们的环保意识越强, 发达地区居民对环境质量改善所带来的效用提高的感受就更显著, 这也会“激发”发达地区的政府和企业将本地污染向外转移的动机。因为这样做可以更容易地满足辖区内居民因空气质量改善而带来的生活幸福感, 提升当地民众对它们的认可与好感。其次, 发展不平衡会导致地区之间在环境治理投入能力上的显著不同, 进一步强化欠发达地区在涉及公共环境治理领域的“搭便车”行为。欠发达地区的首要目标是缩小与发达地区的发展差距, 且当这种差距因为发展不平衡程度加剧而进一步扩大时, 其对具有显著公共属性的大气环境治理方面的投入力度肯定也会进一步弱化, 期待发达地区承担更多涉及双方公共区域的环境治理投入, 以获取“搭便车”的额外收益必然是欠发达地区的“理性”选择。欠发达地区这种“搭便车”的行为, 反过来也会挫伤发达地区对公共环境领域治理投入的积极性, 发达地区因此

也不会把环保经费优先投入具有普遍空间外溢效应的领域, 甚至会选择“默认和容忍”公共区域的污染相互渗透。最后, 发展越不平衡, 地区之间的差距越大, 彼此之间在公共环境治理领域的利益矛盾也会更加突出。因此, 通过合作来平衡利益矛盾的难度也会提高, 雾霾污染协作治理的推进阻力会更大, 跨域协作治理成效将更难以得到保障。所以, 只要发展不平衡程度不断加强, 在没有强有力的外部约束条件下, 地区之间在雾霾污染治理领域“以邻为壑”的动机与行为必然会越来越强化, 从而进一步导致雾霾污染跨界转移现象的非理性扩散, 整体大气环境质量的改善将面临更大挑战。

(2) 发展不平衡会改变地区之间的污染产业转移趋势, 进而影响雾霾污染的空间转移范围与方向。一般而言, 地区之间产业转移的规模及方向与发展不平衡状况是紧密相关的。发展不平衡状况越严重, 发达地区的生活水平与欠发达地区的生活水平差距越大, 后者就越有可能成为前者转移“污染产业”的“接收天堂”。一方面, 当发展水平较低时, 收入增加对居民生活质量的提升效果一般会大于环境质量改善对居民生活质量的提升效果, 这也是欠发达地区地方政府通常会把经济发展、提高居民收入水平摆在首位的重要原因, 因为这样的发展优先理念会得到民众更多的支持。所以, 发展相对落后地区为加快经济发展, 会积极承接从发达地区转移出来的“污染产业”, 而且遇到的阻力也会较少。另一方面, 发达地区通过向欠发达地区转移污染产业, 不仅可以有效减轻本地污染压力, 而且还可以腾出空间发展高新技术产业与低碳环保产业, 其经济增长的前景也会更好。进一步分析, 如果发达地区将污染产业长距离转移到“遥远”的欠发达地区, 还不必担心“遥远”的污染产业接收地对自身的反向污染溢出影响。而重污染产业转移到欠发达地区后, 也很容易形成集聚效应, 在产业集聚得到强化的同时, 污染集聚也可能变得更加严重。所以, 污染产业转移引致的污染空间转移通常可以超越地理距离的约束, 发展不平衡变化导致的污染产业转移格局的变化也会进一步对雾霾污染溢出的空间分布范围及方向产生影响。

(3)发展不平衡会对加剧地区之间雾霾污染空间溢出效应的不对等性。随着经济发展不平衡程度的加剧,不同地区在经济规模、产业结构、经济政策、技术水平等方面的差异也会不断扩大,这些差异的扩大将必然导致不同地区之间在大气污染的相互渗透和影响方面产生显著的不对称效应。以产业结构的差异为例,按照上面关于发展不平衡对污染产业转移趋势的影响分析可知,如果发达地区向“遥远”的欠发达地区转移污染产业,不仅可以改善自身的环境质量,还可以借此腾出空间发展新兴产业,促进产业升级与经济增长。但反观欠发达地区,其承接来自发达地区的产业,实际上也意味着承接了发达地区转移出来的污染。显然,这样一种地区之间的污染空间转移格局就呈现出一种显著的外溢不对称特征,发达地区在产业转移导致的污染外溢现象中处于一种相对更有利的地位。据此,可以进一步推断,发展不平衡问题越严重,地区之间的差异越大,这种不对称的外溢影响也会越显著。所以,我们认为,在发展不平衡的背景下研究雾霾污染的空间外溢效应,必须充分考虑到不同地区之间的经济状况和污染程度都存在显著差异这一基本事实。为此,我们将在借鉴相关研究成

果的基础上,采用城市之间的经济差距因素来代表经济发展不平衡指标,并构建一个更能客观反映这一事实表征的新的空间权重矩阵,来对雾霾污染外溢的不对称影响进行分析。

综上所述,我们认为,随着地区之间经济发展不平衡趋势的变化,雾霾污染的空间外溢效应也将发生相应的改变:一是雾霾污染的空间外溢范围和程度会随着发展不平衡的加剧而进一步扩大和严重;二是发展不平衡也会导致雾霾污染的空间溢出效应呈现出显著的不对称效应,发达地区在雾霾污染的空间转移中可能比欠发达地区处于更有利的地位。为了更清晰地理解上述机理分析,我们绘制了图1,将发展不平衡因素对雾霾污染空间外溢的影响机制作一直观呈现。

三、空间计量分析模型的构建、变量选取与数据说明

(一) 空间计量模型设定

空间计量模型是研究空间溢出效应的有效工具,根据本文的研究目的和上面的理论阐释逻辑,我们在传统的EKC模型分析框架基础上,引入基于引力模型构造的且修正系数不设定为1

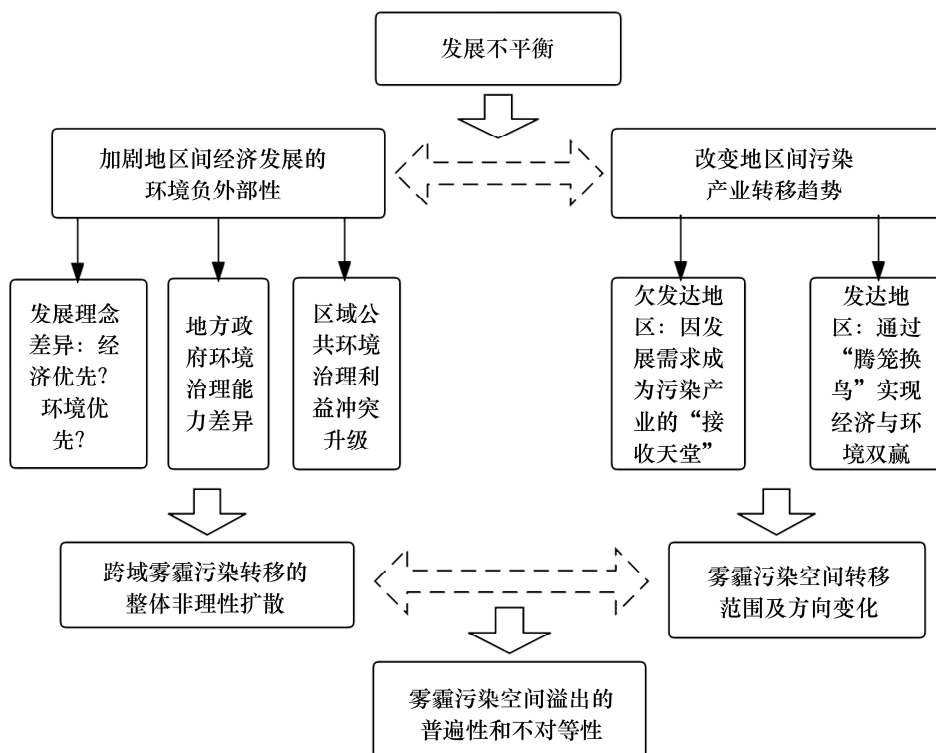


图1 发展不平衡对雾霾污染空间外溢的影响机制

的空间权重矩阵, 建立基本形式的空间计量分析模型如式(1):

$$\begin{aligned} PM_{xt} &= \alpha + \rho W \cdot PM_{xt} + \beta gap_{xt} + \beta_1 X_{xt} + \\ &\eta_1 W \cdot gap_{xt} + \eta_2 W \cdot X_{xt} + \varepsilon_{xt} \\ \varepsilon_{xt} &= \phi W \cdot \varepsilon_{xt} + \mu_{xt} \end{aligned} \quad (1)$$

式中: α 表示常数; W 表示基于引力模型构造的空间权重矩阵; ε 和 ψ 分别表示空间自回归系数和空间自相关系数; PM_{xt} 表示 x 地级市在 t 年的雾霾污染年均浓度值; gap_{xt} 代表 x 城市在 t 年的经济差距; X_{xt} 表示控制变量的向量, 包含经济发展水平(gdp)、产业转移(it)、产业结构(str)、人口密度(den)、科技水平($tech$)、城镇化率($city$)、外商直接投资(fdi)、风速(v)以及交互项($it \cdot lngdp$)等。

需要进一步说明的是, 根据上述计量模型的一般形式, 我们将地区间污染溢出效应的空间计量回归模型具体分为三类: 第一类, 若 ρ 不为 0, η 和 ψ 为 0, 则式(1)为空间自回归模型(SAR), 代表区域之间的被解释变量之间的内生交互效应; 第二类, 若其他均为 0, 仅有 ψ 不为 0, 则式(1)为空间误差模型(SEM), 代表区域之间的误差项的交互效应; 第三类, 若仅有 $\psi=0$, 则式(1)为空间杜宾模型(SDM), 该模型可综合考虑地区间核心解释变量与被解释变量的空间关联性, 是空间计量经济学中最基本的模型, 它包括了 SEM 模型和 SAR 模型^[18]。另外, SDM 模型还可通过对直接效应、间接效应及总效应的测度来解释经济问题, 且偏差可能较小^[19], 但在确定是否使用 SDM 模型进行回归之前, 还需要通过拉格朗日乘数(LM)检验、似然比(LR)和 Wald 检验, 进行最终确认。

(二) 空间权重矩阵构建

在空间计量建模过程中, 空间权重矩阵作为空间效应的载体是不可或缺的关键内容。考虑到发展不平衡因素对雾霾污染外溢效应的影响, 我们根据前面的理论分析, 把发展不平衡因素对雾霾污染外溢的影响效应通过修正系数的构造体现出来。同时, 本文在借鉴屈超等^[17]基于引力模型构造权重矩阵的方法基础上, 也将各空间单元的 $PM_{2.5}$ 浓度作为一项衡量标准纳入了空间权重的计算。这样处理后, 我们的空间权重矩阵将有

别于目前大部分文献为了运算简便, 往往将修正系数简单设定为 1 来分析污染外溢效应的处理方式。综上所述, 我们的空间权重矩阵构造如下:

$$W_{ij} = \begin{cases} \frac{gap_i}{gap_j} \frac{m_i m_j}{r_{ij}^2}, & i \neq j \\ 0, & i = j \end{cases} \quad (2)$$

式中, r_{ij} 为空间单元 i 、 j 之间的地理距离, 通过两个空间单元的经纬度计算, m_i 、 m_j 为空间单位 i 、 j 的雾霾污染程度, 用 $PM_{2.5}$ 年均浓度来衡量, gap_i 和 gap_j 分别表示城市 i 和城市 j 的经济差距。为消除数量级和量纲的影响, 将构建的空间权重矩阵标准化处理。

为检验这个新的空间权重矩阵的适应性和有效性, 我们同时构造了 0-1 邻接矩阵(若两地区相邻为 1, 不相邻则为 0)和修正系数为 1 的引力模型矩阵, 并将通过比较这三个矩阵的各年度的莫兰指数来进行有效性判别。如果基于引力模型构造的且修正系数不为 1 的矩阵莫兰指数高于其他两个矩阵的莫兰指数, 则说明该空间权重矩阵相比其他空间权重矩阵能更充分解释雾霾污染溢出效应, 也意味着考虑发展不平衡因素后, 雾霾污染的空间溢出效应更显著了。

(三) 变量选取与说明

1. 被解释变量

选取大气污染水平($pm_{2.5}$)作为被解释变量。大气污染涉及很多方面, 但目前最受公众关注的领域主要是雾霾状况, 因此本文选择各地年均 $PM_{2.5}$ 浓度作为大气污染程度的表征指标, 分别选取了全国 286 个地级市自 2006—2018 年的 $PM_{2.5}$ 浓度数据来反映全国整体大气污染状况。

2. 核心解释变量

选取发展不平衡(gap)作为核心解释变量。不同行政区划之间的经济发展状况呈现出比较显著的差异性, 具体表现为各地在经济规模或者增长速度等方面的显著不同。本文借鉴卞元超^[22]等测算经济差距的方法, 采用经济增长率的离差指标来衡量不同地区之间的经济差距, 具体的测算方法为: 离差=该年度某一地区经济增长率的观测值-该年度所有地区经济增长率的最小值。关于经济增长率的选取, 我们主要选择各地区生产总值(gdp)相对于上一年度的同比增长率。

3. 主要控制变量

(1) 经济发展水平(*gdp*)。反映各地每年的经济增长总量或者人均收入状况,这一指标对各地的大气污染通常都有着比较显著的影响,本文使用人均 GDP 作为其代理变量。

(2) 产业转移(*it*)。指产业从一个地区搬迁到另外一个地区,产业转移除了带来经济影响外,也必然涉及与转移产业相关的污染转移问题。本文借鉴唐运舒^[23]的做法来定义产业转移量,定义区域 *i* 在 *t* 时期内的产业转移量为 IT_{it} , 其计算公式如下:

$$IT_{it} = -(IAV_{i,t}/IAV_t - IAV_{i,t-1}/IAV_{t-1})IAV_t \quad (3)$$

式中: IAV_{it} 和 $IAV_{i,t-1}$ 分别表示区域 *i* 在 *t* 和 *t-1* 时期的第二产业增加值, IAV_t 和 IAV_{t-1} 分别表示 *t* 和 *t-1* 时期的全国工业增加值, 如果 $IT_{it} > 0$, 则表示产业转出, 反之表示转入。

(3) 产业结构(*str*)。产业结构通常指不同产业之间的分布比例,与大气质量也密切相关。一般来说,产业结构的调整趋势也可反映出空气质量的变化趋势。本文采用产业结构升级系数来衡量产业结构的调整,具体运算方法如下: $STR=R_1 \times 1 + R_2 \times 2 + R_3 \times 3$, 其中 R_1 、 R_2 、 R_3 分别为第一、二、三产业增加值占总产值的比重。

(4) 科技水平(*tech*)。通常来说,技术进步都会起到改善大气质量的作用,清洁型生产技术与非清洁型生产技术对大气质量的影响也是显著不同的。考虑到技术进步与技术投入紧密相关,本文用科学技术支出作为科技水平的代理变量。

(5) 人口因素(*den*)。人们生产生活的集聚活动也会对雾霾污染产生影响,譬如,汽车的使用量、住房需求、消费行为与生活习惯等都跟大气污染物的排放相关,我们选取人口密度指标来衡量人口因素对雾霾污染的影响。

(6) 城市化水平(*city*)。通常来说,城市人口与非城市人口对环境带来的影响存在显著差异。一方面,无论是从能耗还是从生活方式方面看,前者对环境造成的不利影响都要高于后者。另一方面,城镇居民通常受教育水平较高,环保意识

更强,对环境质量的改善更有利。所以,城市化水平对大气污染的最终影响具有某种不确定性。决定城市人口与非城市人口的关键就是城市化水平,我们采用城镇化率作为各地城市化水平的替代变量。

(7) 外商直接投资(*fdi*)。外商直接投资是代表一个国家对外开放水平的一个关键指标,这个指标对大气质量的影响一般通过引进外资的规模、结构及其技术水平状况体现出来。譬如,若引进的 FDI 主要是高耗能、高污染的企业,则会加重当地的大气污染,若引进的 FDI 属于绿色产业,则会有利于大气质量的改善。

(8) 风速(*v*)。风速是影响雾霾浓度最主要的自然因素,大风可以吹散漂浮于空气中的雾霾污染物,也可将本地空气中的大量废气输送到其他地区,造成雾霾污染的空间转移。

(9) 交互项(*it·lngdp*)。为了度量在产业转移的条件下,发达地区将重污染企业转移至欠发达地区后对雾霾污染外溢效应的影响,文章构造了产业转移程度与经济发展水平的交互项来对此进行分析判断。

(四) 数据来源及处理

文章的原始数据主要来源于两个方面:一是来源于达尔豪斯大学大气成分分析组 (Atmospheric Composition Analysis Group)。截至目前,该机构所公布的最新数据只更新至 2018 年。本文利用 ArcGIS 软件将其生成为 2006—2018 年中国 286 个地级市的年均 $PM_{2.5}$ 的具体数值。该数据是借助地理信息系统,基于美国宇航局(NASA)两颗卫星的 AOD(气溶胶光学厚度)数据估测的,能弥补地面监测基站建设不足造成的空间断层和信息缺口,可以更准确地综合反映一个地区的 $PM_{2.5}$ 浓度及其变化趋势。二是来源于《中国城市统计年鉴》以及部分地区统计年鉴和社会发展统计年鉴。

为尽可能地消除量纲、异方差及异常值对模型的影响,并使各因素的影响程度具有可比较性,除产业转移和经济差距这两个指标外,我们对上述其他变量都进行了对数化处理。变量的描述性统计见表 1。

表 1 数据说明与变量的描述

	变量	符号	度量指标或说明	样本	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	雾霾浓度	$\ln pm_{2.5}$	PM2.5 年浓度	3718	3.66	0.509	1.21	4.7
核心解释变量	经济差距	gap	经济差距=某地区经济增长率的观测值-该年度所有地区经济增长率的最小值	3718	0.387	0.2	0	3.2
控制变量	经济发展水平	$\ln gdp$	人均 GDP	3718	10.37	0.722	4.6	13.1
	产业结构	$\ln str$	$STR=R_1\times 1+R_2\times 2+R_3\times 3$ (R_1 、 R_2 、 R_3 分别为第一、二、三产业增加值占总产值的比重)	3718	5.42	0.07	4.72	6.88
	科学技术水平	$\ln tech$	科学技术支出	3718	9.81	1.69	-2.04	19.32
	人口密度	$\ln den$	年末常住人口数/行政区面积	3718	5.72	0.927	1.548	7.88
	城镇化率	$\ln city$	年末城镇化人口数/常住人口数	3718	3.79	0.054	2.09	4.61
	产业转移	it	$IT_{it}=-(I\Delta V_{it}/I\Delta V_{i,t-1}-I\Delta V_{i,t-1}/I\Delta V_{t-1})I\Delta V_t$	3718	3.99	13.26	-46.9	57.63
	外商直接投资	$\ln fdi$	外商直接投资	3718	9.722	1.936	1.1	14.94
	风速	$\ln v$	年均风速	3718	0.726	0.235	0.006	1.426

四、空间关联性分析与实证计量模型选取

(一) 空间关联性分析

利用空间计量模型对雾霾污染的溢出效应进行研究，首先需要对全局不同地区之间空气质量的空間关联性是否存在进行检验，一般通过 Moran’s *I* 指数来定量判断。Moran’s *I* 指数的取值范围为[-1, 1]，其值大于 0，表示空间正相关，测量结果越接近于 1，表明空间相关性越强；其值小于 0，表示空间负相关；其值若为 0，则说明两者相互独立。其计算公式如下：

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})^2} \tag{4}$$

式中：*I* 为 Moran’s *I* 指数，*x_i*、*x_j* 为样本对象 *i*、*j* 的 PM_{2.5} 的年浓度， $\bar{x}$ 为各样本对象 PM_{2.5} 浓度平均值，*w_{ij}* 为空间权重矩阵 *W* 对应位置的元素，*n*

为样本量。
表 2 给出了全国 286 个地级市 2006—2018 年，分别基于 *W*₁、*W*₂、*W*₃ 三个不同空间权重矩阵的全局 Moran’s *I* 指数的计算结果，其中 *W*₁ 表

表2 2006—2018年PM_{2.5}全局Moran's *I*指数

年份	<i>W</i> ₁	<i>W</i> ₂	<i>W</i> ₃
2006	0.425***	0.338***	0.4***
2007	0.426***	0.350***	0.403***
2008	0.383***	0.352***	0.358***
2009	0.425***	0.343***	0.379***
2010	0.454***	0.339***	0.418***
2011	0.446***	0.334***	0.414***
2012	0.432***	0.356***	0.424***
2013	0.479***	0.342***	0.434***
2014	0.442***	0.352***	0.378***
2015	0.490***	0.344***	0.402***
2016	0.476***	0.331***	0.399***
2017	0.454***	0.337***	0.372***
2018	0.483***	0.333***	0.392***

注：*、**、***分别表示在 10%、5%和 1%的显著性水平上显著

示基于引力模型构造的且修正系数不设定为1的空间权重矩阵, W_2 表示 0-1 邻接矩阵, W_3 表示基于引力模型构造的修正系数设定为1的空间权重矩阵。通过比较, 可以得出以下结论: (1) W_1 、 W_2 和 W_3 的 Moran's I 指数均为正数, 且通过了 $Z(I)$ 的显著性检验, 表明雾霾污染确实存在空间正相关性, 具有空间集聚特征。因此, 采用空间计量面板模型对雾霾污染的外溢现象进行分析是可行且有必要的。(2) 通过对 W_1 、 W_2 、 W_3 的系数大小进行比较, 我们发现在多数年份下, W_2 的检验值最小, 而 W_1 的检验值最大, 说明包含经济发展不平衡因素的空间权重矩阵 W_1 的空间效应检验结果最优。因此, 采用修正系数不为1的基于引力模型构建空间权重矩阵能更好地解释雾霾溢出的空间效应, 回归结果将更合理, 实际上也有有力地印证了我们在理论阐释中提出的构想。

为进一步探究局部空间相关性, 我们又分别绘制了 2006—2018 年 $PM_{2.5}$ 浓度的 Moran's I 指数散点图, 直观阐述局部集聚特征。由图 2、图 3 可知, 大多数的城市位于第一、第三象限, 呈现出高-高、低-低集聚特征, 且对比图 2、图 3, 可发现高-高集聚特征的城市开始向低-低集聚特征过渡。

(二) 最优空间计量模型选取

为确定适合本文样本数据的最优空间回归模型进行实证分析, 我们在回归前首先进行了拉格朗日乘数(LM)检验、似然比(LR)检验和 Wald 检验。检验结果表示, 在基于引力模型构建的空间权重矩阵下, SEM 的 LM-spatial error 和 Robust

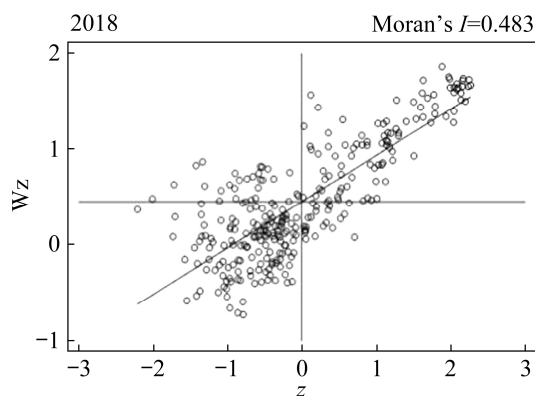


图3 2018年Moran's I 指数散点图

LM-spatial error 均在 1% 的显著性水平上显著, 但 SLM 的 Robust LM-spatial lag 和 LM-Spatial lag 未通过显著性检验, 说明空间误差模型优于空间滞后模型, 同时说明该模型存在空间依赖性。LM 检验在联合 OLS 和空间固定效应模型下, 无法精准地选择模型, 同时不能拒绝没有空间误差项和空间滞后被解释变量的原假设, 还需要结合 Wald 和 LR 检验进行模型的最优选择。表 3 结果显示, 空间杜宾模型简化为空间滞后模型和空间误差模型的 Wald 和 LR 检验均通过了 1% 水平下的显著性检验, 拒绝了可以简化的假设, 说明空间杜宾模型不可简化为空间滞后和空间误差模型。文章确定空间杜宾模型(SDM)作为实证分析的最优模型, 并通过 Husman 检验后选择固定效应模型。

表3 空间面板计量模型的检验结果

检验方法	统计值	概率	检验方法	统计值	概率
Moran's I	3.61	0.000	Wald-spatial lag	151.68	0.000
LM-ppatial lag	3.122	0.077	LR-spatial lag	245.87	0.000
Robust LM-spatial lag	0.89	0.345	Wald-spatial error	269.24	0.000
LM-spatial error	58.378	0.000	LR-spatial error	241.66	0.000
Robust LM-spatial error	56.146	0.000	Hausman error	1 884.44	0.000

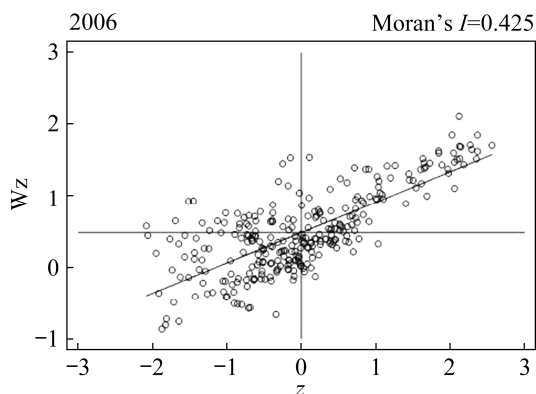


图2 2006年Moran's I 指数散点图

五、实证回归结果分析

(一) 不同模型回归结果的比较

为更准确和更全面地理解解释变量对被解释变量的影响效应, 我们通过对不同实证回归模型的回归结果进行比较分析, 进一步确定文章选择 SDM 模型进行实证分析的必要性和可行性。首先使用普通最小二乘法(OLS)进行模型初步估计, 然后, 为准确测算出相邻地区的解释变量对本地被解释变量造成的影响, 我们同时列出了 SEM、SAR 模型的回归结果与 SDM 模型的回归结果, 并对其进行比较分析。根据表 4 列出的回归结果, 可以发现, 不考虑空间效应的普通面板回归结果系数大部分比考虑空间效应的空间面板回归结果系数的绝对值大, 二者之间的差异可以理解为考虑空间效应后, 普通面板 OLS 模型不能解释的部分可以进一步通过空间面板模型显示出来。以文章的核心解释变量为例, 四个模型的地区经济发展不平衡因素的回归系数结果均显著为正, 充分说明发展不平衡对加剧雾霾污染有着显著的正向效应。但是, 在不考虑空间效应的 OLS 模型中, 发展不平衡因素对雾霾的影响就被局限在本地范围内, 其对其他地方雾霾的影响却被忽略了。只有在考虑空间效应的空间回归模型分析中, 发展不平衡因素对本地与非本地的雾霾影响才可以更加全面和精准地体现出来。同时, SAR 模型与 SDM 模型的空间自回归系数 ρ 都大于 0, 且均在 1% 水平下高度显著, 表明各个地区的雾霾污染呈现出比较典型的“一荣俱荣, 一损俱损”的空间正相关效应, 这也再次表明文章采用空间计量模型分析的必要性。进一步横向比较 SAR 和 SDM 模型的 ρ 值, 可以看出 SDM 模型的空间自回归系数小于 SAR 模型, 说明忽视解释变量空间滞后项将导致内生空间交互效应的高估, 采用 SDM 模型比 SAR 模型更合适。其他控制变量 $W \cdot gap$ 、 $W \cdot it$ 等空间项也均在统计结果上显著, 与我们前面的理论阐释高度吻合。所以, 通过不同模型的对比分析, 我们进一步确定了文章采用 SDM 模型来进行实证分析的必要

表4 不同模型回归结果比较

变量	OLS	SDM	SEM	SAR
<i>gap</i>	0.29*** (9.68)	0.06* (1.65)	0.10*** (3.09)	0.18*** (5.55)
<i>lnden</i>	0.37*** (49.70)	0.38*** (49.34)	0.41*** (68.61)	0.33 *** (49.17)
<i>lntech</i>	0.002*** (3.40)	0.002*** (5.91)	0.002*** (6.43)	0.002 *** (4.44)
<i>lncity</i>	-0.27*** (-12.33)	-0.23*** (-9.77)	-0.23*** (-12.43)	-0.16 *** (-7.83)
<i>it</i>	-0.04*** (-6.74)	-0.01 (-1.49)	0.01 (1.35)	-0.03 *** (-4.93)
<i>lnrgdp</i>	0.56*** (4.01)	0.40*** (3.08)	0.5*** (5.45)	0.31 *** (2.58)
$(\ln gdp)^2$	-0.02*** (-3.45)	-0.02*** (-2.60)	-0.02*** (-5.15)	-0.01 ** (-2.04)
<i>it·ln gdp</i>	-0.0001 (-0.43)	-0.0001** (-2.00)	-0.0001 (-0.89)	-0.0001** (-2.11)
<i>lnv</i>	-0.23*** (-8.56)	-0.25*** (-7.56)	-0.25*** (-9.69)	-0.15 *** (-6.69)
<i>lnstr</i>	-0.90*** (-8.52)	-0.66*** (-6.74)	-0.79*** (-9.81)	-0.61 *** (-6.55)
<i>lnfdi</i>	0.03 *** (7.45)	0.01** (2.10)	0.01*** (3.84)	0.01 ** (2.43)
$W \cdot PM(\rho)$		0.52*** (19.98)		0.55 *** (25.74)
$W \cdot gap$		0.46*** (4.94)		
$W \cdot lnden$		-0.16*** (-7.15)		
$W \cdot lntech$		0.003* (1.72)		
$W \cdot lncity$		-0.04 (-0.54)		
$W \cdot it$		-0.11*** (-6.60)		
$W \cdot \ln gdp$		-0.33 (-0.77)		
$W \cdot (\ln gdp)^2$		0.02 (1.23)		
$W \cdot (it \cdot \ln gdp)$		-0.001*** (-2.60)		
$W \cdot \ln v$		0.10 (1.33)		
$W \cdot \ln str$		0.36 (0.92)		
$W \cdot \ln fdi$		0.01 (0.68)		

注: *, **, ***分别表示在 10%、5%和 1%的显著性水平上显著, ()里的值为 Z 值

性和合理性。

(二) 基于 SDM 的回归结果分析

引入空间因素后,解释变量的参数估计值将不再完全代表对本地被解释变量的边际影响^[19],因此,为更合理地解释雾霾污染的溢出效应,可以采用求解被解释变量对解释变量的偏微分方式来进行分析。表5为表4中的SDM模型的空间效应分解。其中,本地效应(即直接效应)反映的是本地区的自变量对本地区雾霾污染的影响;溢出效应则表示邻近地区的自变量对本地区雾霾污染的间接影响,总效用为本地效应与溢出效应之和。

从表5中本文的核心解释变量经济发展不平衡对被解释变量雾霾浓度的影响系数来看,无论是本地效应、溢出效应还是总效应,均显著为正,

充分说明发展不平衡状况是影响我国雾霾污染的重要影响因素。具体来说,发展不平衡指标的本地效应系数、溢出效应系数、总效用系数分别为0.1、1.02和1.12,表示发展不平衡指标每变化一个百分点,将导致本地雾霾浓度同向变化1.12个百分点,其中来自本地自变量的影响部分为0.1个百分点,来自其他地区的外溢影响部分为1.02个百分点。可以结合我们在文章第二部分做出的理论阐述来解读导致上述结果的主要原因:首先,当一个国家出现普遍的发展不平衡状况时,雾霾污染也必将呈现出更加普遍的空间外溢特征,并加剧整体的雾霾污染程度。其次,发展越不平衡,越容易导致区域发展的负外部性,地区之间相互转嫁污染成本的动机越强烈,使得各地各自为政的大气污染治理效果大打折扣,进而对整体大气质量改善带来负面影响。从其他控制变量的影响结果系数来看,人口密度的本地效应、溢出效应与总效应在1%的水平下显著为正,说明本地与邻地的人口密度越大,越会提高大气雾霾污染的程度,这个实证结果也跟我们的理论预期相一致。科学技术支出的本地效应与溢出效应也显著为正,但系数的绝对值接近于0,说明目前我国的科技支出与改善大气质量之间并没有显示出我们预期的正向效应,可能的原因是针对雾霾污染治理的科技支出水平及其产生的技术成效都有待提高。城镇化指标与产业转移指标的本地效应、溢出效应及总效用系数均显著为负,说明城市人口比例提高与污染产业的转出都有利于本地大气质量的改善。人均GDP及人均GDP的二次项回归系数的总效应都不显著,说明在发展不平衡背景下,考虑到大气污染的空间溢出效应,传统的EKC曲线假说并不一定成立。交互项的本地效应、溢出效应和总效应都显著为负,说明发达地区将污染产业转出后,为新兴产业、现代服务业和先进制造业腾出发展空间,可以在实现经济增长的同时促进本地环境质量的改善。风速的总效应为负,说明大风可以吹散漂浮于上空的大气污染物,使污染物浓度降低。产业结构和外商直接投资的影响系数都没有通过显著性检验,表明它们对大气污染溢出的影响效应不明显。

表5 空间杜宾模型空间效应分解

变量	本地效应	溢出效应	总效应
<i>gap</i>	0.1** (2.37)	1.02*** (5.65)	1.12*** (6.42)
<i>lnden</i>	0.38*** (53.30)	0.08* (1.77)	0.46*** (10.79)
<i>lntech</i>	0.003*** (6.35)	0.01** (2.50)	0.013*** (3.22)
<i>lncity</i>	-0.23*** (-10.40)	-0.30** (-2.38)	-0.53*** (-4.26)
<i>lnit</i>	-0.01** (-2.41)	-0.24*** (-6.63)	-0.25*** (-6.77)
<i>lngdp</i>	0.39*** (3.11)	-0.28 (-0.34)	0.11 (0.13)
$(\ln gdp)^2$	-0.02** (-2.53)	0.03 (0.88)	0.01 (0.49)
<i>it·lngdp</i>	-0.0002** (-2.49)	-0.0018*** (-2.67)	-0.002*** (-2.81)
<i>lnv</i>	-0.25*** (-7.56)	-0.06 (-0.46)	-0.31** (-2.40)
<i>lnstr</i>	-0.66*** (-6.96)	0.01 (0.02)	-0.65 (-0.84)
<i>lnfdi</i>	0.01** (2.26)	0.026 (1.1)	0.03 (1.48)

注: *、**、***分别表示在10%、5%和1%的显著性水平上显著,()里的值为Z值

(三) 稳健性检验

为了进一步检验本文的回归结论是否具有稳健性, 本文以工业 SO₂ 作为被解释变量, 再次进行固定效应的空间杜宾模型回归, 结果见表 6。如表 6 所示, 更换了被解释变量后, 除显著性程度有所差异外, 核心解释变量的回归结果符号方向与上文的结论一致, 其他控制变量符号方向与显著性水平未发生明显变化。此外, 我们还用空气中的烟尘含量和 NO₂ 作为被解释变量进行了回归分析, 回归结果大体上也与前面保持一致。由此可见, 本文的回归结果是稳健和可信的。

表 6 以 SO₂ 为被解释变量的空间杜宾模型效应分解

变量	本地效应	溢出效应	总效应
gap	0.46*** (4.21)	3.23*** (3.64)	3.69*** (4.19)
lnden	0.96*** (46.38)	-0.73*** (-3.63)	0.23 (1.16)
lntech	0.04** (2.24)	0.28 (1.17)	0.32 (1.28)
lncity	-0.47*** (-7.25)	-2.33*** (-3.85)	-2.80*** (-4.57)
lnit	-0.03 (-1.45)	-0.91*** (-4.74)	-0.94*** (-4.74)
lngdp	0.48 (1.11)	-2.22 (-0.39)	-1.74 (-0.30)
(lngdp) ²	-0.03 (-1.49)	0.13 (0.46)	0.1 (0.34)
lngdp·it	-0.01*** (-3.26)	-0.04* (-1.71)	-0.05* (-1.88)
lnv	-0.50*** (-5.33)	-1.69*** (-2.61)	-2.19*** (-3.44)
lnstr	-0.54*** (-1.86)	18.46*** (4.89)	17.92*** (4.66)
lnfdi	0.03** (1.96)	0.38*** (2.98)	0.41*** (3.11)

注: *, **, ***分别表示在 10%、5%和 1%的显著性水平上显著, ()里的值为 Z 值

六、主要结论与政策建议

(一) 主要结论

本文从发展不平衡的视角对中国雾霾污染

的空间外溢现象的形成机理进行了理论阐述, 并基于 SDM 模型对城市雾霾污染的外溢效应进行了实证分析检验, 主要结论如下:

(1)将发展不平衡因素纳入雾霾污染的空间溢出模型进行研究, 对中国的雾霾污染外溢现象具有更好的解释效果, 也突显了本文的理论创新价值。文章通过对不同空间权重矩阵的 Moran's I 指数大小的比较分析, 发现采用城市之间的经济增长率差异来表征经济发展不平衡指标, 并将其纳入基于引力模型的空间权重矩阵(W₁)对雾霾污染的空间分布特征进行检验, 其检验效果是最优的, 这充分说明了基于经济发展不平衡视角对中国的雾霾污染空间外溢效应进行研究的必要性和合理性。

(2)发展不平衡因素对中国雾霾污染的空间溢出规模效应应具有显著的影响作用。我们所构建的空间计量模型的实证研究结果表明, 发展不平衡指标的空间溢出效应系数显著为正, 大小为 1.02, 说明当该指标变化 1 个百分点时, 将使雾霾污染的空间溢出效应同向变化 1.02 个百分点。这意味着发展不平衡程度加剧会显著增加雾霾污染的溢出效应, 反之, 则有利于降低雾霾污染的空间溢出效应。

(3)发展不平衡对中国大气污染空间溢出的结构效应也存在显著的影响, 突出表现为发达地区与欠发达地区之间雾霾污染的彼此渗透和影响呈现出显著的不对称特征。我们的实证研究结果表明, 产业转移指标的总效用系数显著为负, 说明产业转出显著有利于本地大气质量的改善。同时交互项的总效应系数也显著为负, 进一步表明发达地区将污染产业转出后, 为新兴产业、现代服务业和先进制造业进入腾出了新的发展空间, 可以在实现经济增长的同时促进本地环境质量的改善。说明在雾霾污染的空间转移过程中, 发达地区通常比欠发达地区处于更有利的地位。

(二) 主要政策建议

(1)高度重视发展不平衡因素对雾霾污染的影响效应, 将推动区域经济协调发展、缩小地区发展差异与雾霾污染防治有机结合, 统筹谋划。根据我们的研究结论, 发展越不平衡, 地区之间的发展差距越大, 就越容易加剧雾霾污染的程

度。所以,在新的历史发展阶段,我们必须充分认识到发展不平衡的加剧给雾霾污染防治带来的不利影响。面对发展不平衡、不充分与广大人民群众对美好生态环境质量需求日益强烈的矛盾,我们有必要及时调整整体战略思维,把推动区域经济协调发展与生态环境保护战略结合起来,把推进共同富裕目标与创造人民更满意的生态环境目标结合起来,把高质量发展目标与双碳战略目标结合起来,为新时代打赢蓝天保卫战确立正确的战略思维。

(2)高度重视跨行政区域的雾霾污染协作治理机制建设,提升新发展阶段我国大气环境治理体系与治理能力的现代化水平。我们的研究表明,全国286个地级市之间的雾霾污染都具有显著的空间正相关效应,这充分说明了不同行政区域之间加强大气环境协同治理的必要性和紧迫性。为此,我们必须突破各自为政、属地负责的传统环境治理模式的局限,增强联防联控意识,注重整体协同部署,按照全国范围内大气污染外溢所呈现出的空间特征,建立相对稳定的跨省区域的联防联控治理体系,并以此为抓手,切实提高我国大气污染治理体系与治理能力的现代化水平。

(3)高度重视发达地区与欠发达地区之间的利益平衡问题,创新生态补偿机制,建立公平与效率并重的大气环境治理新模式。我们的研究表明,发展越不平衡,发达地区越能凭借自身发展优势在生态环境治理实践中获取更有利的地位,更容易通过污染产业转移方式实现自身经济目标与环境目标的双赢结果。但发达地区向欠发达地区转移污染的行为显然是对后者环境权益的一种“隐形的侵害”,这种不对称的大气污染渗透转移不仅有失公平,也有损效率。所以,建议充分考虑欠发达地区在经济发展过程中环境权益更容易受到损害的事实,建立发达地区对欠发达地区进行合理生态补偿的长效机制,使我国大气环境治理新体系更能充分彰显公平与效率的有机统一。

参考文献:

[1] GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Environmental

impact of a North American Free Trade Agreement[Z]. NBER Working Paper, 1991: 3914.

- [2] GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Economic growth and the environment[J]. Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(5): 353-377.
- [3] SHAFIK N, BANDYOPADHYAY S. Economic growth and environmental quality: Time series and cross-country evidence[J]. Policy Research Working Paper, 1992, 23(3): 0-300.
- [4] PANAYOTOU T. Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development[J]. Pacific and Asian Journal of Energy, 1993: 4(1).
- [5] KUZNETS S. Economic growth and income inequality [J]. The American Economic Review, 1955, 45(1): 1-28.
- [6] JALIL A, MAHMUD S F. Environment Kuznets curve for CO₂ emissions: A Cointegration analysis for China[J]. Energy Policy, 2009, 37(12): 5167-5172.
- [7] RUPASINGHA A, GOETZ S J, DEBERTIN D L, PAGOULATOS A. The environmental Kuznets curve for US counties: A spatial econometric analysis with extensions[J]. Papers in Regional Science, 2004, 83(2): 407-424.
- [8] POON J P H, CASAS I, HE C. The impact of energy, transport, and trade on air pollution in China[J]. Eurasian Geography & Economics, 2006, 47(5): 568-584.
- [9] HOSSEINI, TORNAL H M. et al. Spatial Environmental Kuznets Curve for Asian: Study of CO₂ and PM_{2.5} [J]. Journal of Environmental Studies, 2011(37): 1-3.
- [10] GRIVAS G, CHALOULAKOU A, KASSOMENOS P. An overview of the PM₁₀ pollution problem, in the Metropolitan Area of Athens, Greece. Assessment of controlling factors and potential impact of long range transport[J]. Science of the Total Environment, 2008, 389(1): 165-177.
- [11] 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.
- [12] 汪聪聪, 王益澄, 马仁锋, 等. 经济集聚对雾霾污染影响的空间计量研究——以长江三角洲地区为例[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(1): 1-11.
- [13] 张明, 李曼. 经济增长和环境规制对雾霾的区际影响差异[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(9): 23-34.
- [14] 陈世强, 张航, 齐莹, 等. 黄河流域雾霾污染空间溢出效应与影响因素[J]. 经济地理, 2020, 40(5): 40-48.
- [15] 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.
- [16] 付云鹏, 马树才. 基于空间计量的碳排放量影响因素分析[J]. 中南大学学报(社会科学版), 2017, 23(2): 103–110.
- [17] 屈超, 陈婷婷, 刘佳, 等. 中国典型城市 PM_{2.5}浓度时空演绎规律及影响因素分析[J]. 环境科学研究, 2019, 32(7): 1117–1125.
- [18] 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.
- [19] 李惠莹, 孙攀, 吴玉鸣, 等. 空气质量对经济增长的影响研究——基于 2003—2015 年省级面板数据[J]. 生态经济, 2018, 34(8): 184–187.
- [20] 任亚运, 张广来. 城市创新能够驱散雾霾吗? ——基于空间溢出视角的检验[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(2): 111–120.
- [21] 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.
- [22] 卞元超, 吴利华, 白俊红. 高铁开通、要素流动与区域经济差距[J]. 财贸经济, 2018, 39(6): 147–161.
- [23] 唐运舒, 冯南平, 高登榜, 等. 产业转移对产业集聚的影响——基于泛长三角制造业的空间面板模型分析[J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(10): 2573–2581.

Study on the impact of unbalanced development on the spatial spillover effect of haze pollution in China

NIE Guoqing¹, ZHU Yinyan², ZHANG Jiapi²

(1. School of Economics and Trade, Hunan University of Technology and Business, Changsha 410205;

2. School of Resources and Environment,

Hunan University of Technology and Business, Changsha, 410205)

Abstract: In order to actively respond to the challenge of haze pollution under the constraint of double carbon goals and to explore more effective haze pollution control modes, this paper chooses to explain theoretically the formation mechanism of spatial spillover of haze pollution in China from the perspective of unbalanced development, and uses Spatial Dubin Model (SDM) to analyze empirically the spatial spillover effect of urban haze pollution in China. The research findings show that in the background of unbalanced development, there is a common spatial spillover phenomenon of haze pollution among Chinese cities, that the study of integrating the unbalanced development factors into the spatial spillover model of haze pollution can better explain the haze pollution spillover phenomenon in China, that the aggravation of development imbalance will significantly increase the spillover effect of haze pollution, while on the contrary, it will help to reduce the spatial spillover effect of pollution, that development imbalance also has a significant impact on the structural effect of spatial spillover of haze pollution in China, and that in the process of spatial transfer of haze pollution, developed regions are usually in a more favorable position than underdeveloped regions. The paper puts forward such policy recommendations as attaching great importance to the impact of unbalanced development factors on haze pollution, planning the coordinated development of regional economy and the improvement of the overall effect of haze pollution control, paying enormous attention to the construction of cooperative governance mechanisms for smog pollution across administrative regions, improving the modernization of China's atmospheric environment governance system and governance capacity, placing emphasis on the balance of interests between developed and underdeveloped regions, innovating the ecological compensation mechanism, and establishing a new model of China's atmospheric environment governance which attaches equal attention to fairness and efficiency.

Key Words: unbalanced development; haze pollution; spillover effect; Spatial Dubin Model (SDM)

[编辑: 谭晓萍]