

• 制度与经济 •

网络舆论有助于缓解雾霾污染吗?^{*}

——兼论雾霾污染的空间溢出效应

李欣 杨朝远 曹建华

内容提要:我国雾霾污染治理主要依靠政府自上而下的行政命令推动,公众参与常被忽略。基于互联网技术广泛普及的事实,本文利用百度搜索引擎获取了2000—2012年各省份关于大气污染词条的网页数量,并将网络舆论作为非正式环境规制程度的度量指标,重点采用动态空间计量分析工具,在考察解释变量内生性、雾霾污染时间演变特征以及空间溢出效应的条件下,分析了网络舆论对雾霾污染的缓解作用。研究表明:(1)我国雾霾污染存在显著的动态持续特征和正向空间溢出效应,但若考虑其他大气污染类型,该结论并不一定成立;(2)用网络舆论表征的非正式环境规制有助于缓解雾霾污染,该结论具有较强的稳健性;(3)东部地区雾霾污染的动态累进特征最为明显,中部和东部地区雾霾污染的溢出效应大于西部,网络舆论的增加有助于缓解中西部地区的雾霾污染,但对于东部地区该结论并不显著;(4)环境行政规制和环境经济规制是影响网络舆论的雾霾抑制效应的中间机制,但政府污染监管的中介作用并不突出。

关键词:雾霾污染 PM_{2.5} 网络舆论 非正式环境规制 空间溢出

一、引言

改革开放以来,我国30多年的经济高速增长成就带来了人民生活水平的提高和国际地位的迅速提升,但同时也产生了资源耗竭、环境污染等问题,特别是近年来,以雾霾污染为代表的大气污染逐渐进入公众的视野,成为广泛关注的重要话题。2011年,我国平均雾霾天数达20天,创历史新高;2012年,全球10个空气污染最严重的城市中,我国占据了7个,我国500个城市中空气质量达到世界卫生组织推荐标准(年均值10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)的不超过5个(杨继生等,2013);根据《中国环境状况公报》,2013年,我国平均雾霾日数达35.9天,比2012年增加了18.3天(何枫、马栋栋,2015)。雾霾污染天气的频发不仅会影响民众出行与健康,而且还会对经济增

长造成不可估量的损失(曹彩虹、韩立岩,2015),因此,治理雾霾污染是我国政府面临的重大问题之一。

在应对雾霾污染问题上,我国政府主要采取了自上而下的行政命令管制手段。比如,2012年出台的《重点区域大气污染防治“十二五”规划》中明确提出“完善法规标准、加快环境保护法、大气污染防治法等法律法规的修订工作、研究制定机动车污染防治条例”等方面的内容。2013年颁布的《大气污染防治行动计划》也要求“加快大气污染防治法修订步伐,加大对违法行为的处罚力度,加快修订环境保护法、尽快出台机动车污染防治条例和排污许可证管理条例,出台地方性大气污染防治法规、规章,加快环保执法力度”。简而言之,在雾霾污染治理中我国推行的是以政府为主导、以行政命令为主的环境规制手段。不可否认,这种传统的环境规

* 李欣,上海财经大学财经研究所、上海商学院商务经济学院,邮政编码:200433,电子邮箱 qingpingguo12@126.com;杨朝远、曹建华,上海财经大学财经研究所、城市与区域科学学院,邮政编码:200433,电子邮箱:zhaoyuan_yang@foxmail.com。感谢上海市哲学社会科学规划课题“长三角雾霾污染的经济成因及污染防治的区域合作机制研究”(2015BGL012)、上海财经大学研究生创新基金项目“环境管制、技术进步与区域经济增长——以长三角地区为例”“开发区企业生产率研究——来自微观企业的经验分析”(CXJJ-2013-46,2015110663)的资助。感谢匿名审稿人提出的宝贵意见与建议,文责自负。

制方式在污染治理中发挥了积极的推动作用,但也存在一定的局限性,甚至可能达不到预期的政策效果。

除政府为主导的环境规制方式外,另一种推动环境污染治理的力量是网络舆论。传统上,公众主要通过集会、游行、信访等方式表达其对环境污染治理的诉求。随着互联网技术的普及,公众受教育程度及对环境质量要求的提高,网络媒体开始在收集和传播信息中发挥越来越大的功能,并成为人们生活不可或缺的一部分(郑志刚,2007),因此,网络媒体作为一种新型媒介,已经成为公众或团体参与环境污染信息传播的重要平台。需要思考的是,在当前国家对雾霾治理高度重视的背景下,网络媒体是否在公众参与大气污染信息传播中发挥了重要角色呢?公众通过网络媒体表达大气污染治理的诉求是否会影响雾霾污染状况呢?如果答案是肯定的,这种影响是否存在区域性差异?网络舆论又是通过什么途径影响雾霾污染的?如果网络舆论确实有助于缓解雾霾污染程度,那么,在治理雾霾污染过程中,我们应该发挥网络媒体的舆论传播功能,并充分认识到公众通过网络媒体监督环境污染和治理的重要性。

针对这些问题,本文将采用空间计量分析工具探讨用网络舆论所体现的公众大气污染关注度对雾霾污染的影响方向和程度。本文的边际贡献主要有三个方面:(1)对哥伦比亚大学社会经济数据和应用中心公布的全球PM_{2.5}年均浓度栅格数据进行处理得到2000—2012年各省份的PM_{2.5}年均浓度数据,并以此表征我国的雾霾污染程度,采用百度搜索引擎获取该时间段内关于大气污染词条的网页搜索量表示网络舆论水平,在此基础上,分别采用静态和动态空间面板分析方法考察网络舆论是否有助于抑制雾霾污染;(2)在考虑区域异质性的情况下,分析东中西部省份的网络舆论对雾霾污染的影响;(3)利用交互效应分析方法考察网络舆论对雾霾污染产生影响的可能机制。

二、国内外文献评述

围绕环境规制,国内外学者主要从四个方面开展研究。一是探讨实现环境规制最优选择的机制和环境规制的分析方法。例如,Farzin & Kort(2000)假设税率提高的比例和时间完全确定和不确定两种情形,在风险中性的动态模型中分析了更高的污染税率对完全竞争企业污染治理投资的影响。二是从理论上

分析环境规制治理制度、结构及工具的选择和构建。例如,马士国(2008)对环境规制工具的选择和实施进行了述评。三是分析环境规制的微观效应和宏观效应。例如,Jaffe et al(1995)从微观角度探讨了环境规制对美国制造类企业竞争力的影响;李树、翁卫国(2014)采用中国各省1994—2004年统计数据,定量评估了地方环境管制对中国经济全要素生产率增长的影响。四是分析环境规制的绩效进行评价或者检验。比如,张红凤等(2009)基于山东经验,对环境规制下污染密集产业的发展状况进行了实证分析和环境规制绩效评价,研究表明,山东环境规制比全国严格,严格的环境规制政策能改变环境库兹涅茨曲线(EKC)的形状和拐点位置;包群等(2013)基于1990年以来中国各省地方人大通过的环保立法,采用倍差法探索了地方环境立法和执法规制的实际效果,结果发现,单纯的环保立法并不能显著地抑制当地污染排放,只有在环保执法力度严格的省份,环保立法才能起到明显的环境改善效果。本文研究内容属于第四个方面,即对环境规制的污染治理效果进行判断和分析。

需要说明的是,尽管国内外学者已经对环境规制进行了大量的研究,但通常情况下所指的环境规制多指正式的环境规制,大多数文献并没有将正式环境规制与非正式环境规制区别开来。目前,常用的环境规制方式有行政命令型和市场导向型两种方式(Tietenberg,1998),常用的环境规制度量指标主要有四种类型:一是根据污染物排放总量、增量或者强度表征环境规制程度(Hernandez-Sancho et al, 2000; Domazlicky & Weber, 2004);二是采用行政类指标衡量环境规制力度,如政府颁布的环境法律法规(包群等,2013;李树、翁卫国,2014)及地方环境污染或纠纷案件处罚数量(Brunnermeier & Cohen, 2003);三是用企业排污费征收量、污染治理投资额等构建环境经济规制力度指标(王书斌、徐盈之,2015);四是构建综合型的环境规制指标(朱平芳等,2011;赵霄伟,2014)。由此可见,对于环境规制的方式及度量指标,国内外学者普遍采用的均为正式环境规制。

然而,正式环境规制并不是完美无缺的,而且在实施过程中也存在各种问题,甚至可能偏离最初的目的,导致不理想的规制效果。具体来讲,首先,行政命令方式的成本偏高,规制方可能会受到资金、立法等约束,不能有效地监测缺少知识、资金、技

术的小规模企业的污染排放状况,此外,政策制定、执行、监管过程中存在一定的滞后性(Tietenberg, 1998; Kathuria, 2007);其次,在财政分权体制和以GDP考核为主的官员晋升激励下,地方政府为吸引外资保证本地区的经济增长,可能会出现竞相降低环境规制的行为,从而影响了政策制定和实施的效果(Fredriksson et al, 2003; 贺灿飞等, 2013);再次,传统环境规制方式的政策效果可能会受到腐败、影子经济等行为的影响(Biswas et al, 2012; 余长林、高宏建, 2015)。正式环境规制在实践中存在的问题推动了非正式环境规制手段的出现和发展。非正式环境规制主要是公众或社会团体推动的,被认为是继政府主导的行政命令型规制方式和市场主导的市场导向型规制方式的第三次规制浪潮(Tietenberg, 1998)。与正式环境规制相比,非正式环境规制通过民众和团体参与的方式可直接监管污染排放企业的状况,在一定程度上减少了信息不对称(Kathuria, 2007)。

最初,非正式环境规制主要是民众通过信访、投诉等方式直接向所在区域的地方政府或上级政府表达其对改善环境质量的诉求,政府为激励民众参与污染治理活动,通常会公开企业污染信息,从而通过影响相关利益集团的行为和企业声誉形象影响企业的污染排放行为。目前,国内外学者已经就传统的非正式环境规制进行了系列研究。Shimshack & Ward(2005)将企业社会信誉作为非正式环境规制的代理变量,发现其对美国造纸业排污违规行为具有一定的抑制作用。López et al(2007)将参加印度尼西亚 PROPER 公众披露项目的企业作为实验组,没有参加的作为对照组,采用面板数据考察了企业污染信息公开对污染排放密度的影响,结果表明信息公开有助于缓解环境污染。Langpap & Shimshack(2010)调查了公众对环境污染的诉讼案件,发现公众监督和公共执法对水污染治理发挥了显著的促进作用。Dong et al(2011)发现居民环境投诉与污染密度之间存在显著的相关关系,环境投诉有助于为监管机构更有效地分配监管资源提供更有价值的信息,从而有利于提高政府的环境规制效率。贺灿飞等(2013)认为环境信访强度,即每万居民环境信访案件数量,体现了一个地区社会对政府环境规制执行的压力,可能会对环境污染产生一定的缓解作用。

随着信息技术的普及,报纸、杂志、广播、电视、网络等媒介开始影响公众参与环境污染治理的方式。Kathuria(2007)利用 1996—2000 年印度古吉

拉特(Gujarat)邦四个监测点的月度水污染数据,将出版社刊载的与污染相关的文章数量作为非正式环境规制水平的度量指标,发现其对污染治理产生了积极的作用,不过并非所有的污染部门都会受到污染新闻的影响。Mamingi et al(2006, 2008)根据韩国工业企业数据,分别采用 Probit 模型和 Multivariate Probit 模型分析了报纸刊载的环境相关新闻对企业环境表现的影响。这些文献主要介绍了传统媒体对污染治理的影响。随着互联网技术的发展,网络媒体的信息传播优势日益显现,公众开始通过新型网络媒体传递环境污染治理的呼声,非正式环境规制呈现出新的特点。郑思齐等(2013)利用谷歌趋势(Google Trends)和谷歌搜索(Google Search)构造了两个用以度量公众污染治理诉求的指标,并通过实证分析发现公众污染诉求能够有效地推动地方政府的环境治理,而且公众污染治理诉求会通过产业结构优化、污染治理投资等途径改善城市的环境污染问题。徐圆(2014)构造了两个指标衡量非正式环境规制水平,一是以“环境污染”为关键词进行谷歌趋势搜索,二是通过百度搜索环境污染新闻的报道量,实证发现源于社会压力的非正式环境规制促进了我国工业污染治理,尽管其效应要小于正式环境规制。国内外学者关于非正式环境规制指标的构建及对非正式环境规制与环境污染关系的探讨对本文具有重要借鉴意义。

从文献分析可以看出,尽管正式环境规制依然是当前研究的主流,但国内外学者对非正式环境规制的研究也在逐步增加和深化。然而,现有研究仍存在有待扩展之处:首先,现有研究在分析环境污染程度时多采用常规污染物指标,如 SO₂、工业废水等。在当前雾霾污染形势非常严峻、国家对防霾减霾高度重视的背景下,郑思齐等(2013)采用全国部分城市 PM₁₀ 指标衡量空气质量,贺灿飞等(2013)根据 API 指数确定城市空气质量分类水平,体现了一定的社会现实。然而,目前鲜有学者以雾霾污染的首要污染物 PM_{2.5} 为研究对象,并在此基础上探讨非正式环境规制对 PM_{2.5} 浓度的影响。其次,受大气环流和大气化学的双重影响,雾霾污染呈现出显著的空间传输性,这意味着,在分析环境规制对环境污染的影响时,我们不能忽视雾霾污染的空间相关性特征。然而,目前鲜有学者运用空间计量工具对环境规制与污染排放的关系进行定量分析。再次,环境规制与污染治理之间可能存在互为因果的内生性偏误,在分析环境规制的污染排放效应时,如果忽

略了模型存在的内生性,可能会导致实证结果存在一定偏差,然而,目前鲜有学者对环境规制的内生性予以考察。

三、实证模型设定与数据分析

(一) 实证模型设定

考虑到雾霾污染的空间溢出效应,我们首先采用静态空间滞后模型(SLM)和空间误差模型(SEM)考察用网络舆论表征的非正式环境规制对雾霾污染的影响。其计量模型设定分别见式(1)和式(2):

$$PM_{it} = \rho W \cdot PM_{it} + \alpha_0 + \alpha_1 web_{it} + \alpha_2 control_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$PM_{it} = \beta_0 + \beta_1 web_{it} + \beta_2 control_{it} + \mu_{it}, \text{ 其中 } \mu_{it} = \lambda W \cdot \mu_{it} + v_{it} \quad (2)$$

式中, i, t 分别表示截面单位大陆 30 个省份^① 和时间 2000—2012 年; PM 是被解释变量, 表示 $PM_{2.5}$ 年均浓度; W 为空间权重矩阵; ρ 和 λ 分别表示空间滞后系数和空间误差系数; web 表示用网络舆论表征的非正式环境规制水平, 是我们关注的核心解释变量, 其估计参数的符号反映了网络舆论对雾霾污染的影响, 即若 $\alpha_1 < 0$ 或 $\beta_1 < 0$, 说明网络舆论会抑制雾霾污染, 反之, 则反是; $control$ 表示一系列的控制变量; ε, μ, v 为随机误差项。

考虑到静态空间面板不能反映雾霾污染的动态演变特征, 且不能解决变量的内生性问题, 我们进一步采用动态空间面板分析和广义矩估计相结合的方法对网络舆论的雾霾抑制效应进行重新估计, 其具体模型可表示为式(3)和式(4):

$$PM_{it} = \theta PM_{i,t-1} + \rho W \cdot PM_{it} + \alpha_0 + \alpha_1 web_{it} + \alpha_2 control_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$PM_{it} = \theta PM_{i,t-1} + \beta_0 + \beta_1 web_{it} + \beta_2 control_{it} + \mu_{it}, \\ \mu_{it} = \lambda W \cdot \mu_{it} + \tau \mu_{i,t-1} + v_{it} \quad (4)$$

式(3)和式(4)分别表示动态空间滞后模型和动态空间误差模型。其中, θ, τ 分别表示被解释变量和随机误差项的时间滞后系数, 其他变量的界定与式(1)和式(2)相同。

(二) 数据与描述性统计

1. 被解释变量: 雾霾污染。关于雾霾污染的度量指标, 我们采用哥伦比亚大学社会经济数据和应用中心公布的基于气溶胶光学厚度(AOD)的卫星监测数据, 并将其转化为 2000—2012 年各省份的 $PM_{2.5}$ 年均浓度数据。相对而言, 尽管卫星测得的雾霾污染数据会受到气象因素的影响, 准确率略低于

地面监测数据, 但卫星提供的面源数据比监测所得的点源数据更适于反映雾霾污染的整体概况, 我们认为该数据足以反映中国雾霾污染的真实水平和基本变化趋势(邵帅等, 2016)。

表 1 以 2000 和 2012 年为例, 按照年均 $PM_{2.5}$ 浓度的大小将我国大陆 31 个省份分为四个区间, 其中, 第一、二区间 $PM_{2.5}$ 浓度的最高限值分别为 15.00 和 35.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 这主要是依据 2012 年新修订的《环境空气质量标准》进行划分的, 若 $PM_{2.5}$ 浓度年均值超过 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 则不适宜人类生存。考虑到各年份雾霾污染浓度的最大值, 取第三、四区间的分界值为 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。从表 1 可以看出, 2000 年我国大陆 $PM_{2.5}$ 浓度低于 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的省份有黑龙江等 6 个地区, 到 2012 年缩减至西藏和青海。从第四区间来看, 2000 年, 仅河南和江苏年均 $PM_{2.5}$ 浓度大于 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 而到 2012 年, 东部沿海地区的北部及中部地区部分省份年均 $PM_{2.5}$ 浓度均超过 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 成为雾霾污染的重灾区。由此可见, 重度雾霾污染区域已经从局部省份扩展至华北南部、华东、华中地区, 雾霾污染重灾区呈现出集中连片的分布特征, 这意味着雾霾污染治理不可能单边作战, 必须坚持联防联控、有所侧重的原则。

2. 核心解释变量: 网络舆论。近年来, 随着互联网技术的普及和手机、平板电脑等即时通信工具的智能化发展, 网络媒体作为新型的信息传播媒介, 开始在影响公众参与方面发挥的功能越来越大。具体到环境规制领域, 随着公众通过网络媒体参与环境事件的主动性的增强, 网络媒体报道的关于环境污染治理的呼声也越来越高。目前, 已经有部分国内外学者开始利用网络媒体度量公众对环境污染的关注度, 并以此度量非正式环境规制的水平。

借鉴郑思齐等(2013)、Zheng et al(2012)和徐圆(2014)的做法, 我们采用百度搜索引擎进行网页搜索, 以获取 2000—2012 年各省份关于大气污染信息的网页数量^②。数据搜集过程为: 采用谷歌浏览器, 在百度搜索引擎上输入关键词“大气污染”及对应省份; 在搜集工具中设定时间; 从网页源代码中查找大气污染词条出现的网页数量。在网络舆论数据搜集过程中, 基于浏览器完备性的考虑, 我们采用谷歌浏览器。2000 年 1 月百度搜索正式创立, 故而, 我们的初始年份也为 2000 年。之所以选择百度搜索, 主要是考虑到百度搜索是全球最大的中文搜索引擎, 拥有全球最大的中文网页库, 可能对我国各省份大气污染状况有更多更详细的报道。

表 1 2000 和 2012 年各省年均 $PM_{2.5}$ 浓度所属区间

范围	时间	省份
<15 $\mu g/m^3$	2000	黑龙江、吉林、青海、西藏、云南、海南
	2012	西藏、青海
15~35 $\mu g/m^3$	2000	辽宁、内蒙古、新疆、甘肃、四川、贵州、广西、广东、江西、福建
	2012	黑龙江、吉林、内蒙古、宁夏、甘肃、新疆、云南、广东、福建、海南
35~55 $\mu g/m^3$	2000	北京、天津、河北、山东、山西、陕西、宁夏、安徽、浙江、上海、湖北、重庆、湖南
	2012	辽宁、山西、陕西、四川、浙江、江西、湖南、贵州、广西
>55 $\mu g/m^3$	2000	河南、江苏
	2012	北京、天津、河北、山东、河南、安徽、江苏、上海、湖北、重庆

3. 解释变量: 控制变量。除要考察的核心解释变量——网络舆论外, 我们还考察了其他因素对雾霾污染的影响, 具体包括:

(1) 经济增长水平(gdp), 采用 2000 年不变价格的人均 GDP 表示。根据 EKC 假说, 经济增长与环境污染之间可能存在“倒 U”型的非线性关系, 为对该假说进行检验, 我们加入了人均 GDP 的二次项(Grossman & Krueger, 1995)。

(2) 人口密度(pop), 采用单位面积的年末人口数量表示。人口密度对雾霾污染的影响表现为规模效应和集聚效应: 一方面, 人口规模的增长会导致住房、家用电器及机动车需求的增加, 从而产生了更多的能源消耗和污染排放; 另一方面, 人口增加也会带来集聚效应, 通过基础设施共享、要素优化配置达到降低能源消耗、抑制污染排放的目的(童玉芬、王莹莹, 2014)。因此, 人口密度对雾霾污染的影响具有不确定性。

(3) 研发水平(rd), 采用人均专利受理量表示, 通常该值越大意味着技术创新能力越强, 从而越有利于推动节能减排技术研发, 因而, 研发水平对雾霾污染的影响预期为负。

(4) 能源强度(ed), 采用能源消费量与国内生产总值之比表示。直观来看, 能源强度降低意味着单位产值所消耗的能源减少, 因而伴随产生的污染也将同步下降; 然而, 能源强度降低或能源效率提高可能会通过能源回弹效应增加新的能源需求(邵帅等,

2013), 从而增加了雾霾污染的成分来源。

(5) 产业结构(sec), 采用第二产业(包括工业和建筑业)增加值占 GDP 的比重度量。长期以来, 我国走以重工业为主的粗放型经济发展道路, 消耗了大量的化石能源, 并加剧了环境恶化。此外, 第二产业中的建筑业不仅会产生大量的扬尘, 而且还会增加对钢铁、水泥等高能耗产品的需求, 这进一步增加了雾霾污染的成分来源。如何枫、马栋栋(2015)所言, 工业占比增加会导致雾霾污染天数的增加。因此, 预期第二产业比重的符号为正。

(6) 能源结构(es), 用煤炭消费量占能源消费总量的比重表示。根据清华大学与美国健康影响研究所联合发布的报告《中国燃煤和其他主要空气污染源造成的疾病负担》, 燃煤是大气 $PM_{2.5}$ 的最重要来源因素, 其对 $PM_{2.5}$ 年均浓度的贡献率为 40% (GBD MAPS Working Group, 2016)。我们预计能源结构与雾霾污染存在正相关关系。

(7) 交通运输(tri), 参考马丽梅等(2016)的研究, 采用单位公路里程的私人汽车拥有量表示交通运输压力程度。交通运输过程中的机动车尾气排放是雾霾污染的重要来源。李勇等(2014)指出, 北京、上海和天津三个直辖市机动车尾气排放的 $PM_{2.5}$ 占各市 $PM_{2.5}$ 总排放的比重分别为 22%、25% 和 16%。预计交通运输压力与雾霾污染存在正相关关系。具体的数据描述性统计如表 2 所示。

表 2 变量的基本描述性统计

变量	样本	均值	标准差	最小值	最大值
PM	390	43.058	20.855	8.987	101.651
web	390	160.969	190.951	0.000	710.000
gdp	390	1.896	1.628	0.276	10.216
pop	390	415.754	576.892	7.158	3777.778
rd	390	4.801	7.960	0.230	59.679
ed	390	1.729	0.913	0.650	5.176
sec	390	46.142	7.747	19.740	59.050
es	390	76.282	11.347	28.820	94.580
tri	390	15.265	25.155	1.034	188.628

四、实证结果分析

(一) 静态空间面板分析结果

本文主要采用空间计量分析方法探讨网络舆论对雾霾污染的影响。在此之前,为证明采用空间计量工具的合理性,首先需要设定合理的空间权重矩阵并对雾霾污染的空间相关性进行检验。为此,本文构建了三种空间权重矩阵。第一种采用常见的地理距离空间权重矩阵(W_1),其元素用省会城市间最近公路里程的倒数表示;第二种权重矩阵为经济地理空间权重矩阵(W_2),其元素用 W_1 矩阵元素与某省份人均GDP占全国比重的乘积表示;第三种为嵌套空间权重矩阵(W_3),参考张征宇、朱平芳(2010)的做法,用地理距离空间权重矩阵(W_1)与经济距离空间权重矩阵(W_4)的加权和表示,简便起见,取权重为0.5,其中 W_4 的元素 w_{ij} 用*i*区域人均GDP年均值与*j*区域人均GDP年均值绝对差值的倒数表示。表3列出了三种空间权重矩阵的全局Moran's I指数,可以看出,这三种空间权重矩阵的Moran's I指数介于0~1之间,且满足1%的显著性水平,表明采用空间计量分析工具就网络舆论的雾霾抑制效应予以研究具有一定的合理性。

表3 2000—2012年我国PM_{2.5}年均浓度的全局Moran's I指数

年份	W_1	W_2	W_3
2000	0.1270***	0.1252***	0.1261***
2001	0.1438***	0.1428***	0.1433***
2002	0.1562***	0.1537***	0.1549***
2003	0.1706***	0.1685***	0.1696***
2004	0.1477***	0.1462***	0.1469***
2005	0.1431***	0.1399***	0.1415***
2006	0.1457***	0.1454***	0.1456***
2007	0.1464***	0.1437***	0.1451***
2008	0.1622***	0.1594***	0.1608***
2009	0.1473***	0.1452***	0.1462***
2010	0.1486***	0.1479***	0.1482***
2011	0.1346***	0.1321***	0.1334***
2012	0.1343***	0.1336***	0.1339***

注:***表示在1%的显著性水平下显著。

表4第(3)~(6)列以地理距离空间权重矩阵为例,汇报了空间滞后模型和空间误差模型的基本实证结果,其中,第(3)(5)列报告了固定效应模型的回归结果,第(4)(6)列报告了随机效应模型的回归结

果。可以看出,空间滞后模型和空间误差模型中Hausman统计量对应的p值均不满足10%的显著性水平,表明随机效应模型更为合意。为确定最终选择空间滞后模型还是空间误差模型,我们进行了(robust)LM检验,结果表明,空间滞后模型对应的robust LM检验值为9.374,在1%的显著性水平上显著,而空间误差模型对应的robust LM检验值并不满足1%的显著性水平,故而,空间滞后模型更为合意^③。总之,我们将重点关注空间滞后模型的随机效应估计结果,即表4第(4)列的分析结果。对比起见,我们也汇报了普通面板数据的固定效应和随机效应结果,如表4第(1)(2)列所示。可以看出,普通面板估计由于没有考虑雾霾污染的空间相关性可能会高估网络舆论的雾霾抑制效应。

表4第(4)列显示,空间滞后项的系数为正,且满足1%的显著性水平,这表明周边地区雾霾污染浓度对本地区存在显著的正向影响,周边地区雾霾污染浓度增加1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,本地区PM_{2.5}浓度将增加0.719 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。用网络舆论表征的非正式环境规制与雾霾污染之间存在显著的负相关关系,表明网络舆论的增加有利于缓解雾霾污染、改善空气质量。

控制变量中,经济增长的一次项系数显著为正,二次项系数显著为负,表明经济增长与雾霾污染之间存在显著的“倒U”型曲线关系。人口密度与雾霾污染存在显著的正相关关系,可见,人口集聚带来的规模效应远大于集聚效应。能源强度对雾霾污染的影响显著为负。交通运输与雾霾污染的关系为正,这主要是因为机动车保有量的增长产生了大量的机动车尾气排放,增加了大气中雾霾污染的来源。其他变量,如研发水平、产业结构、能源结构对雾霾污染并不具有显著性影响。

(二) 动态空间面板分析结果

前文重点分析了空间滞后模型对雾霾污染的影响,需要强调的是,已有估计仅反映了静态分析的基本结果,没有考虑雾霾污染的动态演变特征。事实上,如邵帅等(2016)所言,雾霾污染存在一定的动态持续性,当期雾霾污染程度对下期存在显著的正向影响。因此,若忽略雾霾污染的动态演变特征,可能会导致估计结果的不准确。此外,在估计方法上,空间滞后模型和空间误差模型采用的极大似然估计法由于不能有效地解决内生性问题,这便造成估计结果存在一定程度的偏误。针对这两个问题,本文进一步采用动态空间面板分析与系统广义矩估计相

表4 静态空间面板估计结果

自变量	POLS		SLM		SEM	
	FE	RE	FE	RE	FE	RE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
ρ			0.721*** (0.051)	0.719*** (0.052)		
λ					0.788*** (0.044)	0.787*** (0.045)
web	-0.020*** (0.003)	-0.018*** (0.003)	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)	-0.005 (0.004)	-0.005 (0.004)
gdp	10.227*** (1.256)	8.759*** (1.258)	3.059*** (1.119)	2.724** (1.128)	4.157*** (1.358)	3.885*** (1.313)
gdp^2	-0.882*** (0.135)	-0.702*** (0.114)	-0.287** (0.115)	-0.295*** (0.103)	-0.347*** (0.131)	-0.356*** (0.113)
pop	0.022*** (0.007)	0.012*** (0.004)	0.008 (0.006)	0.009** (0.004)	0.008 (0.006)	0.010** (0.004)
rd	0.006 (0.086)	0.015 (0.088)	0.045 (0.068)	0.060 (0.071)	0.063 (0.075)	0.078 (0.077)
ed	-2.388* (1.395)	-2.166* (1.295)	-2.315** (1.106)	-2.372** (1.090)	-3.086*** (1.135)	-3.060*** (1.122)
sec	0.345*** (0.099)	0.425*** (0.100)	0.091 (0.081)	0.132 (0.083)	0.170** (0.084)	0.207** (0.087)
es	0.022 (0.065)	0.080 (0.065)	0.024 (0.052)	0.047 (0.053)	0.020 (0.051)	0.042 (0.052)
tri	0.086* (0.051)	0.107** (0.052)	0.058 (0.041)	0.071* (0.042)	0.056 (0.041)	0.068 (0.042)
cons	8.285 (7.635)	5.049 (7.566)		-3.071 (6.701)		25.554*** (7.305)
Log-L			-1100.496	-1194.305	-1101.335	-1196.893
Hausman(p)	6.950 (0.642)		4.140 (0.764)		4.540 (0.806)	
robust LM test (p)				9.374 (0.002)	2.774 (0.096)	

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著。FE、RE分别表示固定效应和随机效应。括号内汇报的是系数的标准误。其他各表注释与此相同。

结合的方法就网络舆论的雾霾抑制效应进行重新估计,系统广义矩估计被视为解决变量内生性的有效方法,可极大地减少参数估计的偏误^④。鉴于前文得到的空间滞后模型更为合意,本文仅汇报该模型的动态回归结果。表5报告了采用系统广义矩估计的动态空间面板回归结果,其中,第(1)列为地理距离空间权重矩阵的回归结果。为进一步证明该回归结果的稳健性,我们在第(2)(3)列还汇报了经济地理空间权重矩阵和嵌套空间权重矩阵的回归

结果,第(4)列将被解释变量替换为单位面积SO₂排放总量,考察了网络舆论对其他大气污染类型的影响。对表5回归结果进行Sargan检验和AB检验,可以看出,Sargan统计量不显著,残差的一阶自相关显著,但在1%的显著性水平上不存在二阶自相关,这表明系统广义矩估计不存在工具变量的过度识别问题,工具变量合理有效。此外,从Wald和Log-Likelihood检验值可以看出,模型的拟合效果较好。

表 5 动态空间面板计量分析结果

自变量	(1)	(2)	(3)	(4)
pm_{t-1}	0.682*** (0.025)	0.701*** (0.025)	0.705*** (0.026)	
$w \cdot pm$	0.645*** (0.060)	0.531*** (0.055)	0.522*** (0.061)	
so_{t-1}				0.857*** (0.024)
$w \cdot so$				-0.281*** (0.055)
web	-0.003** (0.002)	-0.003** (0.002)	-0.003* (0.002)	-0.003*** (0.001)
gdp	-4.558*** (0.795)	-4.459*** (0.823)	-4.700*** (0.913)	1.008*** (0.237)
gdp^2	0.125** (0.059)	0.126** (0.061)	0.117* (0.064)	-0.220*** (0.023)
pop	0.006*** (0.001)	0.006*** (0.001)	0.006*** (0.001)	0.003*** (0.001)
rd	0.083 (0.054)	0.104* (0.055)	0.140** (0.068)	-0.004 (0.015)
ed	-3.057*** (0.511)	-3.194*** (0.528)	-2.744*** (0.559)	0.318** (0.150)
sec	0.231*** (0.063)	0.242*** (0.065)	0.286*** (0.069)	0.059*** (0.017)
es	0.118*** (0.043)	0.113** (0.045)	0.118** (0.050)	-0.009 (0.012)
tri	0.115*** (0.029)	0.099*** (0.029)	0.109*** (0.031)	0.035*** (0.007)
cons	-26.510*** (4.014)	-23.940*** (4.067)	-23.997*** (4.740)	-1.266 (0.992)
Wald test(p)	3768.418 (0.000)	3570.923 (0.000)	2847.217 (0.000)	27573.804 (0.000)
Log-L	-1025.595	-1032.090	-1035.317	-664.218
Sargan(p)	449.961 (0.102)	444.823 (0.135)	413.287 (0.242)	444.790 (0.121)
AR(1)(p)	20.995 (0.000)	18.523 (0.000)	14.434 (0.000)	18.509 (0.000)
AR(2)(p)	-0.001 (0.986)	-0.046 (0.470)	0.039 (0.537)	-0.131 (0.022)

从表 5 第(1)~(3)列可以看出, 雾霾污染的时间滞后系数显著为正, 表明上期 $PM_{2.5}$ 浓度对本期存在显著的正向影响, 雾霾污染在时间上的连续递增效应意味着, 必须尽早开展雾霾治理工作, 以防出现雾霾污染形势的日益恶化。雾霾污染的空间滞后系数在 1% 的显著性水平上为正, 表明雾霾污染存在显著的空间溢出效应, 周边地区雾霾污染程度对本地区存在明显的正向影响。不过与表 4 第(4)列

相比, 我们得到雾霾污染空间滞后系数的值更低, 这意味着若不考虑被解释变量的动态演变特征及解释变量可能存在的内生性问题, 静态空间滞后模型将高估雾霾污染的空间溢出效应。

与静态回归结果一致, 网络舆论对雾霾污染具有显著的抑制作用, 表明网络舆论的增加有助于发挥舆论功效的环境规制作用, 从而有利于改善大气质量。随着我国雾霾污染日益严峻, 并对居民的正

常生活带来越来越严重的影响,公众对大气污染治理的诉求不断提高。同时,在互联网技术的普及下,越来越多的公众或团体通过网络媒体传递他们关于环境污染治理的呼声,表达其对环境污染治理的意愿。我们认为,网络舆论主要通过两种途径影响雾霾污染程度。第一,网络媒体对环境污染企业信息的曝光可直接对排污企业施加压力,从而通过影响排污企业的市场声誉和股价影响其生产决策和污染排放行为。第二,公众或团体关于大气污染的网络信息传播在很大程度上是通过影响政府的环境规制行为进而对大气质量产生影响的。面对公众对环境污染问题的抱怨以及所引发的舆论压力,政府将通过制定环境规制政策、加大执法监察力度、推行市场化激励工具(如排污许可证、污染排放权交易)等正式环境规制手段着力推进大气污染治理行为(Kathuria, 2007; 郑思齐等, 2013)。

与静态回归结果不同的是,在考虑变量内生性的动态空间计量分析中我们发现,经济增长的一次项系数显著为负,二次项系数显著为正,产业结构和能源结构对雾霾污染存在显著的正向影响。该结论意味着,不考虑变量内生性和动态性的静态回归结果在系数大小和显著程度上略不尽如人意。经济增长的一次项系数为负、二次项系数为正表明雾霾污染与经济增长存在“U”型而非“倒U”型曲线关系,EKC假说并不成立,该结论与邵帅等(2016)一致。这意味着,我国政府面临经济增长与雾霾治理的权衡选择,如何实现两者的双赢将是我国经济发展中面临的重要挑战。产业结构与雾霾污染存在显著的正相关关系,表明当前我国粗放式的工业化发展模式和以工业为主的产业结构是导致我国雾霾污染加剧的重要推动因素。煤炭消费与雾霾污染的显著正相关关系表明,以煤为主的能源结构是大气质量恶化的重要原因,该结论与林伯强、蒋竺均(2009)以及马丽梅、张晓(2014)的观点基本一致。化石燃料,特别是煤炭的燃烧,是雾霾污染的重要来源,与燃煤排放相关的有机物、硫酸盐、黑炭等物质均是PM_{2.5}的重要组成成分^⑤。其他变量,如人口密度、研发水平、能源强度、交通运输的符号和显著程度与静态回归结果差距不大。

表5第(4)列报告了网络舆论对其他大气污染类型(单位面积SO₂排放总量)的影响,以对网络舆论的污染抑制效应进行稳健性检验。可以看出,单位面积SO₂排放量表现出显著的时间滞后效应,这与PM_{2.5}浓度的动态持续特征一致。与雾霾污染不

同的是,单位面积SO₂排放总量的空间滞后系数显著为负。这表明,SO₂排放量呈现出显著的负向空间溢出效应。我们认为可能的原因是部分省份将重硫排放产业转移至周边地区,从而造成相邻地区较大的污染排放差异。网络舆论与单位面积SO₂排放总量存在显著的负相关关系,说明网络呼声所引发的舆论压力有助于缓解以SO₂为代表的大气污染。与雾霾污染反映的规律基本相同,单位面积SO₂排放量与人口密度、产业结构和交通运输呈显著的正相关关系。与雾霾污染规律不同的是,单位面积SO₂排放总量与经济增长存在“倒U”型曲线关系,可见,相比于雾霾治理,SO₂减排与经济增长的矛盾并不是很突出;尽管我们得到能源结构的系数为负值,但并不显著;此外,能源强度与单位面积SO₂排放总量存在显著的正相关关系,这与PM_{2.5}浓度恰恰相反。

总之,实证分析表明,以PM_{2.5}、SO₂为代表的的大气污染存在明显的动态累进特征;然而,在空间演变上,PM_{2.5}与SO₂的特征恰恰相反,前者呈现典型的正向空间溢出效应,而后者呈现出显著的负向空间关联特征;网络舆论对缓解PM_{2.5}、SO₂等大气污染排放具有显著的抑制作用。

(三) 雾霾污染的区域异质性分析

由于我国国土面积广大,社会经济发展存在较大的差异,因而,本文还对网络舆论影响的区域异质性进行了考察,实证结果如表6所示。需要说明的是,对于所采用的地理距离空间权重矩阵,我们已进行了相应调整。表中显示,Sargan检验和AB检验的结果满足系统广义矩估计的条件,所选择的工具变量合理有效。对于东中西三大地区而言,雾霾污染的时间滞后系数和空间滞后系数均满足1%的显著性水平,表明三大区域的雾霾污染均存在显著的动态持续特征和空间溢出效应。不过相比较而言,东部地区雾霾污染的时间滞后系数最大,这表明,东部地区雾霾污染的动态累进特征最为明显,雾霾治理形势更为严峻。中部和东部地区雾霾污染的空间滞后系数均大于西部,这意味着中部和东部地区雾霾污染的空间溢出效应更大。我们认为,中东部地区更高的雾霾污染空间溢出除受到大气环流和大气化学等自然因素的影响外,在更大程度上取决于中东部地区区域经济连片增长、产业集聚现象突出、污染产业转移等经济因素的作用。相对而言,西部地区经济协同发展程度较低、承接东中部地区的污染产业转移较少,雾霾污染的空间溢出效应较小。中

部和西部地区用网络舆论压力表征的非正式环境规制有利于缓解雾霾污染程度,但由于东部地区网络舆论的系数并不显著,我们尚不能得到肯定的判断,我们认为东部地区以GDP为主的政绩考核机制所造成重增长轻环境的现状是影响结果显著性的原因之一。三大地区经济增长、人口密度、研发水平、产业结构、交通运输等指标所体现的系数符号与全国样本基本一致。对于能源强度指标,东部地区和中西部地区存在明显差异,东部地区能源强度与雾霾污染存在显著的负相关关系,表明东部地区存在显著的能源回弹效应,中西部地区能源强度的符号与全国样本一致。

表6 分区域样本回归结果

自变量	东部地区	中部地区	西部地区
ρm_{t-1}	0.751*** (0.041)	0.184*** (0.059)	0.563*** (0.051)
$w \cdot \rho m$	0.524*** (0.093)	0.679*** (0.058)	0.421*** (0.099)
web	0.003 (0.004)	-0.010*** (0.004)	-0.006** (0.003)
gdp	-6.142*** (1.508)	0.080 (3.360)	-0.849 (2.663)
gdp^2	0.161* (0.093)	0.998 (0.865)	0.023 (0.461)
pop	0.007*** (0.001)	0.096*** (0.010)	0.041*** (0.009)
rd	0.062 (0.075)	-0.219 (0.200)	0.455** (0.186)
ed	-5.859** (2.372)	1.965** (0.921)	0.699 (0.640)
sec	0.369*** (0.096)	0.117 (0.088)	0.155 (0.118)
es	0.111* (0.058)	-0.016 (0.129)	-0.096 (0.071)
tri	0.133*** (0.038)	0.079 (0.173)	0.170 (0.132)
$cons$	-27.406*** (5.856)	-30.431*** (8.816)	-5.354 (6.794)
Log-L	-394.785	-257.054	-337.225
Wald test (p)	1523.760 (0.000)	3134.153 (0.000)	899.949 (0.000)
Sargan(p)	196.367 (0.599)	185.385 (0.184)	179.758 (0.868)
AR(1)(p)	20.444 (0.000)	-0.428 (0.000)	4.221 (0.040)
AR(2)(p)	0.025 (0.802)	-0.090 (0.426)	-0.011 (0.912)

五、网络舆论影响雾霾污染的机制分析

如前文所述,非正式环境规制主要通过两种途径影响环境质量:一方面,公众或团体对环境问题的关注所引发的舆论效应会影响企业信誉和形象,从而对企业股价和污染排放行为具有直接的效应;另一方面,网络舆论在很大程度上会影响政府的环境规制行为,而政府环境规制有助于促进企业加强排污技术研发、提高生产效率、减少污染排放,其具体影响机制如图1所示。从第二条影响机制可以看出,网络舆论是通过影响正式环境规制影响雾霾污染程度的,那么,以网络舆论表征的非正式环境规制是政府环境规制行为的有效补充吗?政府规制行为是否会影响网络舆论对雾霾污染的抑制效应?我们将采用交互效应分析法对第二条机制假说进行验证。参考韩超(2014)和王书斌、徐盈之(2015)等的做法,我们将政府环境规制行为分为环境行政规制、环境污染监管以及环境经济规制三个方面,其中,环境行政规制旨在制定环保法律、法规,为企业确立环保标准和规范,促使企业向绿色生产行为转变、行业向绿色转型方向发展。环境污染监管主要通过提高监管力度达到减少企业偷排、乱排概率的目的。环境经济规制主要通过排污费用的方式将企业排污行为内部化,使企业在利润最大化或成本最小化约束下达到减排的目的。这三种规制手段分别用政府颁布的行政规章件数(reg_1)、当年实施的行政处罚案件数(reg_2)以及排放费收入总额占工业增加值的比重(reg_3)予以度量。

表7对网络舆论影响雾霾污染的机制进行了检验,其中第(1)~(3)列分别考察了环境行政规制、环境污染监管以及环境经济规制的中介作用。从Sargan检验和AB检验的显著程度可以看出工具变量合理有效。表中,网络舆论与环境行政规制的交叉项满足10%的显著性水平,网络舆论与环境经济规制的交叉项在1%的显著性水平上显著为负,这表明,随着环境行政规制和经济规制水平的提高,网络舆论对雾霾污染的抑制作用将会增强。相比较而言,网络舆论与环境污染监管的交互项并不显著,也就是说,网络舆论并没有通过环境污染监管发挥缓解雾霾污染的作用。我们认为污染监管失灵是产生该问题的主要原因。具体来讲,首先,雾霾污染属于典型的大气污染,具有公共产品的属性,很容易出现“公地悲剧”现象;其次,雾霾污染的成分来源广泛,监管不易且成本较高,排污企业的偷排漏排现象不易察觉;再次,雾霾治理过程中出现的放松管制、监管不严等现象也是造成监管失灵的重要原因。

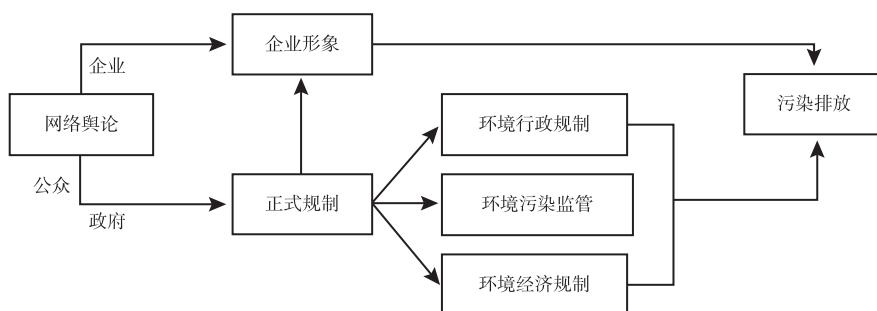


图1 网络舆论影响雾霾污染的机制

表7 网络舆论影响雾霾污染的机制检验

自变量	(1)		(2)		(3)	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
pm_{t-1}	0.684***	0.025	0.678***	0.025	0.704***	0.025
$w \cdot pm$	0.634***	0.061	0.653***	0.061	0.641***	0.063
web	-0.003*	0.002	-0.004**	0.002	0.003	0.003
reg_1	0.074	0.093				
reg_2			0.0001	0.0001		
reg_3					0.046	0.034
$web \cdot reg_1$	-0.001*	0.001				
$web \cdot reg_2$			0.003	0.002		
$web \cdot reg_3$					-0.0005***	0.0002
gdp	-4.416***	0.792	-4.897***	0.821	-4.100***	0.798
gdp^2	0.110*	0.059	0.146**	0.060	0.053	0.061
pop	0.006***	0.001	0.006***	0.001	0.006***	0.001
rd	0.088	0.054	0.068	0.054	0.048	0.056
ed	-2.813***	0.495	-3.068***	0.525	-1.927***	0.495
sec	0.241***	0.062	0.258***	0.067	0.207***	0.063
es	0.120***	0.042	0.111**	0.044	0.112***	0.044
tri	0.118***	0.028	0.124***	0.029	0.119***	0.029
$cons$	-27.407***	3.952	-26.968***	4.025	-28.967***	4.226
Log-L	-1026.894		-1023.932		-1024.610	
Wald test (p)	3819.275	(0.000)	3765.966	(0.000)	3776.535	(0.000)
Sargan (p)	460.292	(0.143)	447.121	(0.133)	464.447	(0.115)
AR(1) (p)	20.617	(0.000)	20.361	(0.000)	24.082	(0.000)
AR(2) (p)	0.014	(0.818)	0.010	(0.871)	0.012	(0.848)

六、结论和政策建议

改善大气质量、实现碧水蓝天,对于保证民众的正常生活与健康、减少经济损失、吸引外资及维护我国城市的良好形象均具有重要意义。同时,治理雾霾污染、推进经济绿色增长是我国推动生态文明建设、实现可持续发展过程中面临的重大课题。推动雾霾污染治理,除需要发挥政府的主导角色外,还需要依靠以公众或团体参与为主的非正式环境规制的力量。

在当前互联网技术不断普及的背景下,本文搜

集了百度搜索引擎关于大气污染词条的网页数量,以体现网络舆论的大小和非正式环境规制的水平。在此基础上,采用空间计量分析工具考察了网络舆论对雾霾污染的影响及作用机制。研究表明,在时间维度上,我国雾霾污染存在明显的动态持续性;在空间演变方面,雾霾污染存在显著的正向空间溢出效应。用网络舆论表征的非正式环境规制有助于缓解雾霾污染,即使替换空间权重矩阵和考虑其他大气污染类型,该结论依然非常稳健。分区域样本回归结果表明,东部地区雾霾污染的动态累进特征更为明显;中部和东部地区雾霾污染的空间溢出效应

大于西部地区；中部和西部地区用网络舆论表征的非正式环境规制有利于缓解雾霾污染程度，但对于东部地区，我们尚不能得到一致的判断。网络舆论主要通过影响环境行政规制和经济规制影响雾霾污染程度，环境污染监管的中介效应并不显著。

本文结论有着明显的政策含义。第一，雾霾污染治理必须坚持区域联防联控的原则。雾霾污染具有明显的空间溢出效应，这意味着单边治霾可能会因雾霾污染的空间传输性而收效甚微，因此，必须坚持区域联防联控。区域联防联控的关键在于打破地方行政界限，在总体目标约束下实现内部个体的成本最小化。为此，应该制定统一的环境法律法规，建立区域间的污染补偿机制，建设统一的污染监测平台，加强区域联合执法与监督。第二，公众参与对雾霾污染治理起至关重要的作用，因此，雾霾污染治理还需要依靠公众和网络媒体的力量。为此，首先，应该加强环保宣传，提升公众的环境保护意识，在宣传方式上，除了依靠电视、广播、报纸等传统手段外，更要借助网络媒体的宣传作用；其次，有效规范互联网传播平台，促使互联网媒体能够合法地传递公众的环保诉求；再次，推进环境信息公开建设。政府部门自身要及时公开环境相关信息，同时，要监督企业进行环境风险管理，促使企业及时公布污染排放信息；最后，完善法律法规，保证公众对环境问题的知情权和参与权。总而言之，政府、企业和公众是环境规制过程中必不可少的利益相关者。只有确保完善的环境立法、严格的环境监管、有效的经济运行机制、公众的广泛参与，才能促使企业或个人减少雾霾污染源排放，这样空气质量才能得以提高、民众健康和社会经济的协调发展才能得以保证。因此，雾霾污染治理过程中，要将传统的正式环境规制行为与新型的非正式环境规制方式有效结合，形成多种力量参与、互相监督与协调的综合性的环境规制体系。

注：

- ①西藏自治区控制变量缺失较多，故在实证过程中被剔除。但对于雾霾污染的描述性分析，我们将西藏包括在内。
- ②根据审稿人的建议，我们也尝试采用其他指标度量网络舆论，一是用百度搜索引擎对大气污染词条进行新闻搜索，但该指标跨期较短且存在阈值限制的问题，二是尝试采用谷歌搜索，但谷歌引擎在国内使用不太稳定。考虑到客观条件限制，我们最终仅采用了百度网页搜索指标。
- ③LM 检验得到空间滞后模型和空间误差模型的统计量分别为 16.459 和 9.858，这两者均满足 1% 的显著性水平，难以确定哪种模型更为合意，故而本文进行了 robust LM

检验。

④广义矩估计可分为系统广义矩估计和差分广义矩估计，一般而言，前者估计量优于后者，因此本文选择采用广义系统矩估计方法。

⑤《燃煤排放极端天气是主因》，《京华时报》2015 年 12 月 2 日。

参考文献：

- 包群 邵敏 杨大利,2013:《环境管制抑制了污染排放吗?》,《经济研究》第 12 期。
- 曹彩虹 韩立岩,2015:《雾霾带来的社会健康成本估算》,《统计研究》第 7 期。
- 韩超,2014:《制度影响、规制竞争与中国启示——兼析规制失效的形成动因》,《经济学动态》第 4 期。
- 贺灿飞 张腾 杨晨朗,2013:《环境规制效果与中国城市空气污染》,《自然资源学报》第 10 期。
- 何枫 马栋栋,2015:《雾霾与工业化发展的关联研究——中国 74 个城市的实证研究》,《软科学》第 6 期。
- 李树 翁卫国,2014:《我国地方环境管制与全要素生产率增长——基于地方立法和行政规章实际效率的实证分析》,《财经研究》第 2 期。
- 李勇等,2014:《借鉴国际经验,探讨城市交通治污减霾策略》,《环境保护》第 2 期。
- 林伯强 蒋竺均,2009:《中国二氧化碳的环境库兹涅茨曲线预测及影响因素》,《管理世界》第 4 期。
- 马丽梅 刘生龙 张晓,2016:《能源结构、交通模式与雾霾污染——基于空间计量模型的研究》,《财贸经济》第 1 期。
- 马丽梅 张晓,2014:《中国雾霾污染的空间效应及经济、能源结构影响》,《中国工业经济》第 4 期。
- 马士国,2008:《环境规制工具的选择和实施:一个述评》,《世界经济文汇》第 3 期。
- 邵帅等,2016:《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》,《经济研究》第 9 期。
- 邵帅 黄涛,2013:《能源回弹效应的理论模型与中国经验》,《经济研究》第 2 期。
- 童玉芬 王莹莹,2014:《中国城市人口与雾霾:相互作用机制路径分析》,《北京社会科学》第 5 期。
- 王书斌 徐盈之,2015:《环境规制与雾霾脱钩效应——基于企业投资偏好的视角》,《中国工业经济》第 4 期。
- 徐圆,2014:《源于社会压力的非正式性环境规制是否约束了中国的工业污染?》,《财贸研究》第 2 期。
- 杨继生 徐娟 吴相俊,2013:《经济增长与环境和社会健康成本》,《经济研究》第 12 期。
- 余长林 高宏建,2015:《环境管制对中国环境污染的影响——基于隐性经济的视角》,《中国工业经济》第 7 期。
- 张红凤等,2009:《环境保护与经济发展双赢的规制绩效实证分析》,《经济研究》第 3 期。
- 张征宇 朱平芳,2010:《地方环境支出的实证研究》,《经济研究》第 5 期。

赵霄伟,2014:《地方政府间环境规制竞争策略及其地区增长效应——来自地级市以上城市面板的经验数据》,《财贸经济》第10期。

郑思齐等,2013:《公众诉求与城市环境治理》,《管理世界》第6期。

郑志刚,2007:《法律外制度的公司治理角色——一个文献综述》,《管理世界》第9期。

朱平芳 张征宇 姜国麟,2011:《FDI与环境规制:基于地方分权视角的实证研究》,《经济研究》第6期。

Biswas, A. K. et al(2012), “Pollution, shadow economy and corruption: Theory and evidence”, *Ecological Economics* 75:114—125.

Brunnermeier, S. B. & M. A. Cohen(2003), “Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries”, *Journal of Environmental Economics and Management* 45(2): 278—293.

Domazlicky, B. R. & W. L. Weber(2004), “Does environmental protection lead to slower productivity growth in the chemical industry?”, *Environmental and Resource Economics* 28(3): 301—324.

Dong, Y. et al(2011), “The determinants of citizen complaints on environmental pollution: An empirical study from China”, *Journal of Cleaner Production* 19(12): 1306—1314.

Farzin, Y. H. & P. M. Kort(2000), “Pollution abatement investment when environmental regulation is uncertain”, *Journal of Public Economic Theory* 2(2):183—212.

Fredriksson, P. G. et al(2003), “Bureaucratic corruption, environmental policy and inbound US FDI: Theory and evidence”, *Journal of Public Economics* 87(7): 1407—1430.

GBD MAPS Working Group(2016), “Burden of disease attributable to coal-burning and other major sources of air pollution in China”, Heath Effect Institute Special Report 20.

Grossman, G. M. & A. B. Krueger(1995), “Economic growth and the environment”, *Quarterly Journal of Economics* 110(2):353—377.

Hernandez-Sancho, F. et al(2000), “Efficiency and environmental regulation”, *Environmental and Resource Economics* 15(4):365—378.

Jaffe, A. B. et al(1995), “Environmental regulation and the competitiveness of U. S. manufacturing: What does the evidence tell us?”, *Journal of Economic Literature* 33(1):132—163.

Kathuria, V.(2007), “Informal regulation of pollution in a developing country: Evidence from India”, *Ecological Economics* 63(2—3):403—417.

Langpap, C. & J. P. Shimshack(2010), “Private citizen suits and public enforcement: Substitutes or complements?”, *Journal of Environmental Economics and Management* 59(3):235—249.

López, J. G. et al(2007), “Public disclosure of industrial pollution: The PROPER approach for Indonesia?”, *Environment and Development Economics* 12(6):739—756.

Mamingi, N. et al(2006), “Firms’ environmental performance: Does news matter?”, World Bank Policy Research Working Paper No. 3888.

Mamingi, N. et al(2008), “Understanding firms’ environmental performance: Does news matter?”, *Environmental Economics and Policy Studies* 9(2):67—79.

Shimshack, J. P. & M. B. Ward(2005), “Regulator reputation, enforcement, and environmental compliance”, *Journal of Environmental Economics and Management* 50(3):519—540.

Tietenberg, T.(1998), “Disclosure strategies for pollution control”, *Environmental and Resource Economics* 11(3—4):587—602.

Zheng, S. et al(2012), “The nascent market for ‘green’ real estate in Beijing”, *European Economic Review* 56(5):974—984.

(责任编辑:何伟)

(校对:陈建青)