

社交媒体的环境关注能改善空气质量吗？

王俊松^{1,2}

(1. 华东师范大学全球创新与发展研究院, 上海 200062; 2. 华东师范大学城市与区域科学学院, 上海 200062)

【摘要】 随着移动互联网的快速发展, 社交媒体日益成为公众表达对重污染天气等环境问题关注的工具。本研究以微博为例, 探讨了社交媒体反映的环境关注对城市 $PM_{2.5}$ 浓度水平的影响以及内在机制。研究发现, 微博上环境关注的空间分布显示出向高等级和高污染城市聚集的倾向, $PM_{2.5}$ 浓度水平高的地区集中在煤炭资源或重工业集聚的地区。空间回归模型的结果证实了社交媒体的环境关注能显著降低 $PM_{2.5}$ 浓度水平, 层级较高的城市及创新能力较强的城市能够更好地回应社交媒体的环境关注, 并有效降低城市的 $PM_{2.5}$ 浓度水平。研究表明, 社交媒体的环境关注已经成为环境治理中的一种重要力量, 在分析环境问题时应充分考虑新兴社交媒体平台的影响。

【关键词】 社交媒体; 公众压力; $PM_{2.5}$; 污染; 环境; 中国

【中图分类号】 X24; X51

【文献标识码】 A

【文章编号】 1674-6252 (2022) 02-0104-08

【DOI】 10.16868/j.cnki.1674-6252.2022.02.104

引言

重污染天气已经成为影响居民健康的重要来源, $PM_{2.5}$ 是影响空气质量的最有害的物质之一^[1,2]。已有的研究将 $PM_{2.5}$ 浓度的增加归因于自然和社会经济因素, 包括经济发展水平、产业结构、环境规制、城市化水平或自然因素^[2-7]。在社会经济因素的方面, 已有的研究倾向于从自上而下的角度强调中央和地方政府环境规制的作用。较少从自下而上的角度关注公众压力对环境质量的影响。随着移动互联网的发展, 以微博、微信为主的社交媒体用户持续增加。公众能够实时在社交网络上表达对民生或环境问题的意见。社交媒体通过直接或间接的方式促进地方政府加强了环境规制, 改善空气质量^[8,9]; 社交媒体也被公共机构用于评估网络舆情、应对突发事件、开展沟通和宣传工作^[10]。自下而上的社交媒体对环境治理的影响往往被忽视。本文主要探讨不同城市社交媒体的环境关注如何影响城市 $PM_{2.5}$ 浓度水平, 并进一步从城市创新能力、城市等级和财政分权的角度探讨社交媒体环境关注的区域差异与城市 $PM_{2.5}$ 浓度水平之间的作用机制。研究发现, 社交媒体反映的环境关注是降低城市 $PM_{2.5}$ 浓度水平的重要因素, 较高的城市层级和创新能力对这种关系有积极影响。本研究的主要贡献在于, 第一, 首次从社交媒体反映的环境关注的角度研究空气污染的治理, 提供一个探讨环境问题的自下而上的视角; 第二, 本文基于中国地级市的面板数据来定量分析社交媒体与空气污染之间的因果关系及内在机制;

第三, 采用空间计量经济模型来控制污染水平的空间溢出效应, 并通过引入工具变量等多种方法验证了结果的稳健性。本文的研究结论将为分析环境污染问题提供新的视角。

1 理论与文献综述

互联网和智能手机的普及促使网民越来越多地使用社交媒体来表达他们对民生相关问题的关注^[11], 其中环境污染问题^[12]是最突出的议题之一^[8,9,13]。新浪微博和微信等社交平台为民众提供了对社会问题发表意见的便捷渠道^[14]。社交媒体对个人和政府发挥着不同的作用。对于个人来说, 社交媒体提供一个讨论和表达对环境污染问题的渠道^[15]。当严重雾霾天气出现时, 超过一半的居民认为政府应该采取措施积极解决问题^[16], 公民还积极向政府举报污染事件甚至发起诉讼^[17]。公众在社交媒体上对环境的关注有助于对地方政府施加一定程度的压力。

对于政府来说, 社交媒体提供一个了解舆情、与公众沟通和宣传政策的有效工具^[18]。党的十九大报告提出“构建政府为主导、企业为主体、社会组织和公众共同参与的环境治理体系”。中央政府愿意听取公众呼吁, 建立严格的污染排放环境法规, 并通过“压力传导机制”推动省级和地方政府执行环境相关法规^[19]。但是, 我国科层制下的环境治理极易造成中央和地方政府的信息不对称^[17]。中央政府与地方政府对于环境治理的偏好不一致, 即使中央政府做出强有

作者简介: 王俊松 (1983—), 女, 副教授, 研究方向为产业和区域发展, E-mail: wjsenjoy@126.com。

力的治理环境污染的制度安排, 地方政府官员也有可能基于自身利益的考量而偏离中央的制度。同时, 中央政府对地方政府环境治理的监管能力有限, 从自上而下的角度治理环境问题有其内在的不足。公众的参与和监督可以从自下而上的角度帮助监督地方政府与企业的利益合谋行为, 为中央政府补足信息, 强化中央政府的监管。社交媒体的流行提供了政府与网民沟通的重要平台。公众通过社交媒体关注环境问题, 并对政府施加环境保护的压力, 改变了政府、企业和民众应对空气污染的方式^[8,20]。社交媒体上的环境信息和对雾霾等环境问题的关注提供了一种自下而上的动力, 推动政府更迫切地治理污染问题。

社交网络的环境关注存在较大的区域差异。受过高等教育的人、富裕人群和意见领袖往往更关注环境和健康问题, 也更容易利用社交媒体产生更大的社会影响, 这些人群大多生活在大城市或沿海发达地区, 他们对地方政府解决空气污染问题施加了更大的压力。我们认为社交媒体对环境关注的区域差异将显著影响城市 $PM_{2.5}$ 浓度水平。因此, 第一个研究假设如下:

假设 1: 社交网络上对环境问题更关注的区域能够更有效地降低 $PM_{2.5}$ 浓度水平。

社交媒体上民众对环境问题的关注不会自动提升环境质量, 还需要地方政府和环保部门的环境治理^[21]。地方政府同时面对来自上级政府和居民的环境治理压力。中央政府通过各种环境规制对地方政府施加压力^[22], 巡查并惩罚违反环境法规的城市或地区。在这一过程中, 更高等级的城市被迫遵守更严格的法规^[23], 例如, 2013 年发布的《大气污染防治行动计划》要求京津冀、长三角和珠三角地区的 $PM_{2.5}$ 浓度在 2017 年之前分别降低 25%、20% 和 15%, 高于全国平均 10% 的减排建议。高等级城市的居民受教育程度更高, 经济更富裕, 对环境和健康问题更为关注^[24]。更高等级的城市可能受到中央政府和居民的更多环境治理压力。我们认为, 较高等级的城市有助于促进社交媒体的环境关注对降低 $PM_{2.5}$ 浓度水平的作用。

假设 2: 对于更高等级的城市, 社交媒体的环境关注更容易降低城市的 $PM_{2.5}$ 浓度水平。

社交媒体产生的环境关注是否能促进城市降低 $PM_{2.5}$ 浓度水平, 还取决于地方政府的能力。Grossman 等^[25]指出, 经济增长对环境质量改善的作用源于产业结构改善和技术进步的影响。应对公众的环境治理压力, 地方政府进行产业转型和技术升级的能力决定了环境治理的效率。在创新能力较强的地区, 创新活动

有助于缓解资源环境约束, 推动经济的集约化发展, 新技术可以提升能源利用效率, 促进产业向清洁和高附加值产业转变, 从而对环境产生积极影响^[26-28]。创新能力强的城市可以更多地借助产业升级和结构调整的方式应对空气污染问题, 也有更多资金用于环境治理, 为地方政府提供了更多的政策选择^[29]。因此, 我们认为, 城市创新能力将有助于提高社交媒体的环境关注对降低城市 $PM_{2.5}$ 浓度水平的促进作用。

假设 3: 创新能力更强的城市, 其社交媒体的环境关注更有利于降低城市 $PM_{2.5}$ 浓度水平。

地方政府应对环境关注改善环境的能力也取决于其环境治理的财政能力。改革开放以来, 地方政府被赋予了更大的发展地方经济的自主权。财政分权促使地方政府拥有财政收入剩余索取权和财政支出控制权^[30]。地方政府更有可能通过吸引和保留低污染企业来提高地方收入^[31-33]。即使环境绩效已被加入干部考评体系, 地方官员仍然不放松经济发展的目标。地方政府对高污染行业的态度因其财政状况而异。财政盈余充足的发达城市更容易有效应对社交媒体上民众的环境保护压力, 政府更有能力通过提升经济结构、引入污染减排设施、增强环境规制力度等方式改善环境, 也有充分的财政收入应对污染企业流失带来的税收损失。然而, 面临预算限制的地方政府更可能优先强调地方经济发展, 其支持环境保护的财力有限, 从而降低面对环境保护压力时改善环境的意愿和能力。因此, 本文第四个假设如下:

假设 4: 公共预算限制削弱了社交媒体的环境关注对降低城市 $PM_{2.5}$ 浓度水平的作用。

已有的实证研究中, 少数研究探讨了社交媒体和空气质量之间的因果关系。Zheng 等^[34]基于中国的微博数据证实, 空气污染会降低居民的幸福感和女性的幸福感比男性的下降得更快。较少有研究分析社交媒体对空气质量的影响。Kay 等^[8]利用新浪微博上 2012 年和 2013 年环境相关的帖子, 分析了政府、企业和个人在社交媒体上的互动, 发现微博有助于推进环境保护事业, 但研究仅仅基于案例分析, 影响结论的普适性。李欣等^[12]基于省级尺度的百度搜索数据和计量模型分析发现, 网络舆论表征的非正式制度有助于缓解雾霾污染, 该研究关注到网络舆论作为非正式制度在环境治理中的作用, 但是研究尺度相对较粗, 且机制分析有待深入。当前, 社交媒体如何影响中国的空气质量仍未得到充分研究, 本文旨在基于定量方法, 以微博为例分析社交媒体的环境关注的区域差异对空气质量是否存在显著的影响, 并进一步分析

可能的作用机制。

2 方法和数据

2.1 空间回归模型和变量

PM_{2.5} 浓度水平存在空间相关性，本文引入空间回归模型分析社交媒体的环境关注如何影响城市 PM_{2.5} 浓度水平，以获得一致的估计。空间回归模型被广泛用于环境实证研究的其他领域^[35,36]。空间回归模型一般分为空间滞后（SAR）模型、空间误差模型（SEM）和空间杜宾模型（SDM），其中 SAR 模型中的空间相关性源于因变量滞后项的相关性，而 SEM 中的空间相关性源于模型的误差项，SDM 同时考虑因变量和自变量的空间相关性，由于因变量和自变量可能同时存在空间相关性，本研究选择 SDM，以获得可靠的结果。

$$Y_{it} = \rho WY_{it} + \beta X_{it-1} + \theta WX_{it-1} + \mu + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中， Y 为 $n \times 1$ (n 为地级市数量， $n=263$) 的因变量向量； X 为 $n \times k$ (自变量数量为 $k-1$) 的解释变量矩阵； β 为解释变量的系数； ρ 为因变量空间滞后项的系数； θ 为自变量空间滞后项的系数； ε 为扰动项； i 为地级单元； t 为年份，范围为 2014—2018 年。所有的 X 变量都滞后一年以消除潜在的内生性问题。每年有 263 个地级市被引入模型。 W 是一个 $n \times n$ 的空间相邻矩阵。 W_{ij} 被设定为 500km 带宽内 i 和 j 城市距离的倒数。

主要变量介绍如下：因变量是城市每年平均 PM_{2.5} 浓度水平并取对数 ($\ln PM_{2.5}$)。主要自变量是社交媒体反映的环境关注，采用新浪微博上环境相关主题的城市人均发帖数量 (PollutantPost) 表示，其中环境相关的关键词包括“雾霾、水污染、空气污染、污染物、环境保护”。自变量包括城市等级、创新能力、财政压力及社会经济控制变量。

城市等级：引入城市等级变量 (Hierarchy) 分析城市的行政等级是否影响城市 PM_{2.5} 浓度水平，以及是否影响社交媒体的环境关注和城市 PM_{2.5} 浓度之间的关系。对 4 个直辖市 (北京、上海、天津和重庆) 赋值为 2，副省级城市和省会城市 (自治区首府) 的赋值为 1，其他城市的赋值为 0。预期高等级城市可能有较高的污染水平，但也可能对社交媒体的环境关注做出更有效的反应，并降低 PM_{2.5} 浓度水平。

创新能力：以城市人均专利授权数 (Patent) 来衡量创新能力^[3,36]。较强的创新能力有助于地方政府应对公众压力，从而改善空气质量。

财政压力：城市财政压力可能影响城市的空气质

量，以城市财政支出占财政收入的比例来衡量财政压力 (Finance) 并引入模型。预计地方财政压力对城市 PM_{2.5} 浓度水平产生显著影响，且财政负担将降低政府有效地回应环境关注的能力。

经济发展与城市化：引入人均 GDP (对数) ($\ln PGDP$)，以分析经济发展对空气质量的影响。引入城市实际利用外资额与 GDP 的比例 (FDI)，以控制全球化因素的影响。引入人口密度 (Density) 和第二产业占 GDP 的比例 (Industry) 以控制城市化因素对空气质量的影响^[37]。由于第三产业和第二产业比例存在较强的负相关关系，为避免共线性，未引入第三产业比例变量。引入道路面积 (Road) 变量，预期可能显著提高城市 PM_{2.5} 浓度水平^[38]。

其他控制变量：①供暖虚拟变量 (Heating)，即冬季有集中供暖系统的城市被赋值为 1，否则为 0；②降水量 (Precipitation)，以城市的年降水量为对数来衡量；③风速 (Wind)，以城市年均风速来衡量；④平均气温 (Tempre)，以城市年均温度来衡量。本文将连续性变量取对数，以降低异方差问题的影响。所有变量的描述见表 1。变量之间的皮尔逊相关系数显示 PollutionPost 与其他自变量之间的相关性很小，表明 PollutionPost 的回归系数是可信的。

表1 变量定义及描述

—	变量	定义
因变量	$\ln PM_{2.5}$	城市 PM _{2.5} 年平均浓度 (取对数)
主要自变量	PollutantPost	微博上环境相关内容的城市人均发帖数
城市等级	Hierarchy	直辖市为 2，省会 (自治区首府) 和副省级城市为 1，其余城市为 0
财政压力	Finance	财政支出占财政收入的比例
创新能力	Patent	人均发明专利授权数 (取对数)
城市化	PGDP	城市人均 GDP (取对数)
	Road	城市道路面积 (取对数)
	PopuDensity	城市人口密度 (取对数)
	Industry	第二产业占 GDP 的比重
控制变量	Heating	城市冬季集中供暖为 1，否则为 0
	Precipitation	城市年降水量 (取对数)
	Wind	城市年均风速
	Tempre	城市年均气温
	FDI	城市实际利用外资额占 GDP 的比重

2.2 数据来源

PM_{2.5} 数据来自中国环境监测总站，将空气质量监测站点与所在城市匹配，并在城市层面将全年的 PM_{2.5} 数据取平均得到城市年度 PM_{2.5} 均值。社交媒体反映

的环境关注数据从新浪微博抓取。首先，从 2014—2018 年的微博上抓取包含“雾霾、水污染、空气污染、污染排放、环境保护”等关键词的发帖^①；其次，抓取每个帖子的微博 ID、发布时间、发布地点、ID 所在地点等数据；最后，根据发帖位置对每个城市的每年环境相关的发帖数进行汇总。为控制城市人口规模的影响，城市社交媒体的环境关注采用环境相关的微博发帖数量占该城市人口的比例表示。道路和降水相关数据来自中国科学院资源与环境科学研究中心 (<http://www.resdc.cn>)。其他经济和社会属性数据来自历年《中国城市统计年鉴》。

3 社交媒体的环境关注和 PM_{2.5} 浓度水平的空间分布格局

表 2 显示 2018 年各省份微博环境相关发帖数及 PM_{2.5} 均值。可以发现，环境相关发帖主要位于中国东部和南部地区。京津地区、长江三角洲地区和珠江三角洲地区拥有最多的环境相关的微博发帖数。东部地区是对环境关注度最高的地区，而大多数西部和东北部地区的居民对环境的关注度较低。发达地区的居民更富裕，受教育程度普遍较高，并且更注重生活品

质，关注自身和子女的健康，在面对严重雾霾或污染时，更容易做出积极的反应。

PM_{2.5} 污染最严重的地区主要位于华北地区，其中河北、山西、河南、山东和安徽北部是受 PM_{2.5} 影响最大的省份。这些地区有丰富的煤炭资源分布，或存在消耗大量煤炭的工业。长三角地区和珠三角地区是另外两个受 PM_{2.5} 影响较严重的地区，这些地区的人口和产业较为密集。广大西部地区受重污染天气的影响相对较小。

与环境相关的微博发帖量和 PM_{2.5} 浓度水平的空间分布存在一定的异同。尽管二者在中国东部沿海地区的密度都较高，微博的环境关注更多集中在发达地区，这意味着这些地区的政府在污染治理方面面临更大的公众压力，但同时，更好的财政条件以及人们对环保的认知有助于这些地区更有效地控制 PM_{2.5}。除一些沿海发达地区外，PM_{2.5} 浓度水平高的地区与煤炭资源和消耗煤炭资源的重化工业的分布更趋于一致。

微博的环境关注与城市排名的分布情况如图 1 (a) 所示，纵轴为微博上的环境相关主题的发帖数量，横轴为发帖量由高到低的城市排名，可见发帖量高度集中在头部（排名前两位）城市，排名前十的城市占到了微博上环境相关发帖的 50% 以上。PM_{2.5} 浓度水平由高到低的分布则相对平缓，如图 1 (b) 所示。

表 2 各省份微博环境主题发帖数及 PM_{2.5} 浓度均值 (2018 年)

省份	微博环境主题发帖量 / 篇	PM _{2.5} 浓度均值 / (μg/m ³)	省份	微博环境主题发帖量 / 篇	PM _{2.5} 浓度均值 / (μg/m ³)
北京	508 283	49.5	湖北	73 476	41.9
天津	74 232	49.6	湖南	99 594	38.4
河北	186 286	54.9	广东	348 767	29.8
山西	60 214	53.8	广西	46 441	34.3
内蒙古	25 183	29.4	海南	14 434	10.5
辽宁	102 777	38.3	重庆	82 480	37.1
吉林	93 227	31.4	四川	126 607	37.4
黑龙江	64 110	26.9	贵州	34 450	26.7
上海	164 960	36.1	云南	31 149	23.0
江苏	397 966	46.8	西藏	248	16.2
浙江	420 363	35.2	陕西	130 394	46.9
安徽	181 031	45.7	甘肃	12 682	35.6
福建	164 119	24.7	青海	72 621	28.0
江西	61 375	35.5	宁夏	12 861	38.3
山东	457 764	49.7	新疆	10 314	47.0
河南	287 302	61.1	—	—	—

4 环境关注与城市 PM_{2.5} 浓度水平：计量结果

由于存在不随时间变化的变量，本研究采用随机效应的空间杜宾模型，估计结果见表 2。 ρ 在所有估计中都显著为正，进一步证实 PM_{2.5} 浓度水平存在明显的空间自相关，一个城市的空气污染会使邻近地区的空气质量恶化，与已有的研究结论一致^[39,40]。表 3 中第 (1) 列只引入微博的环境关注变量，第 (2) 列引入所有控制变量，第 (3) ~ (5) 列分别引入环境关注与城市等级、创新产出和财政压力变量的交互项，探讨社交媒体的环境关注对 PM_{2.5} 浓度水平影响的作用机制。

结果基本符合预期。除第 (4) 列

① 选择 2014 年作为研究起始年份是因为该年是能够获取的系统的地面观测 PM_{2.5} 数据的最早年份，2014 年前的城市 PM_{2.5} 数据只能根据卫星数据推算，存在较大误差。

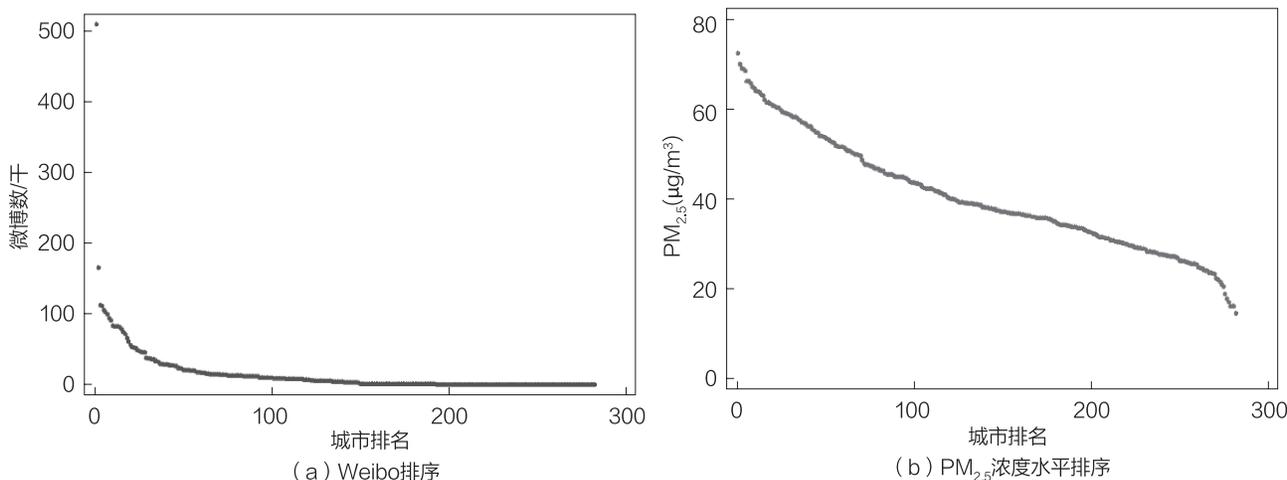


图1 微博上的环境关注和PM_{2.5}浓度水平与城市排名的散点图(2018年)

外, 社交媒体环境关注的系数均显著为负。第(4)列中, 当引入 PollutionPost 和 Patent 的交互作用时, PollutionPost 不显著为负, 但加上交互项以后, PollutionPost 的整体效应仍然为负。因此, 可以认为, 社交媒体的环境关注可以有效降低城市的 PM_{2.5} 浓度水平。人们对环境污染的关注可能促使地方政府积极应对并解决空气污染问题。

城市等级、创新能力和城市财政压力的系数显示, 城市等级制度和城市的财政负担对 PM_{2.5} 浓度水平没有显著影响, 而创新能力显著提高了空气的 PM_{2.5} 浓度水平, 与预期相反。这可能是由于较强的创新能力吸引了更多的人口和产业聚集, 包括污染性产业, 从而促使 PM_{2.5} 浓度水平上升。

PollutionPost 和城市等级的交互作用系数在 1% 的浓度水平上显著为负 [第(3)列], 表明层级更高的城市更能促进社交媒体的环境关注对降低 PM_{2.5} 浓度水平的作用。大城市的公民更关注污染问题。同时, 较大的城市能够更好地响应公众的呼吁, 转向清洁的产业结构或实施更严格的环境规制。同样, 第(4)列的交互项系数显示, 创新能力强的城市, 其社交媒体的环境关注更容易降低其 PM_{2.5} 浓度水平。这表明面对公众的环境关注时创新能力强的城市更容易通过提升技术降低污染, 并向绿色产业转型^[26,27]。第(5)列的环境关注和财政压力交互项系数不显著为正, 显示财政压力大小不能有效促进公众的环境关注对环境的改善。在面临公众环境压力时, 财政负担重的地区仍然无力有效治理环境。

控制变量的系数基本符合预期。富裕地区更有利于降低 PM_{2.5} 浓度水平, 表明发达城市更有能力和动机控制污染。城市的 FDI、人口密度、第二产业比例

的增加显著提高了城市 PM_{2.5} 浓度水平, 表明人口和产业的集聚均可能导致空气恶化。城市集中供暖是 PM_{2.5} 浓度水平上升的另一个关键因素, 因为中国北方地区在冬季严重依赖煤炭取暖。城市年均风速能显著降低 PM_{2.5} 浓度水平, 而降水量、温度和道路密度对空气质量的影响不显著。

从自变量空间滞后项的系数看, 周边城市社交媒体的环境关注对本地区城市 PM_{2.5} 的影响不显著, 周边城市的财政压力、供暖和道路密度均可能增加本城市的 PM_{2.5} 浓度水平, 这是由于财政压力可能促使周边城市更多地发展污染产业, 提升了本城市的 PM_{2.5} 浓度水平。周边城市的城市供暖和道路密度均可能使污染溢出到本地区城市, 从而影响空气质量。周边城市其他变量对本城市 PM_{2.5} 的影响不显著。

进一步通过调整变量和模型来检验系数的稳健性(表4)。首先, 剔除与其他变量高度相关的变量, 包括专利、财政压力和人口密度, 并以表2第(2)列的模型为基准进行回归。结果显示 PollutionPost 的系数的符号和显著性不变。其次, 我们采用随机效应模型和固定效应模型重新回归, 第(2)、(3)列的结果显示, 变量的系数仍然显著为负。因此, 社交媒体的环境关注可以降低城市的 PM_{2.5} 浓度水平的结论是稳健的。

还可能出现反向因果关系导致的内生性问题。社交媒体的环境关注可能导致 PM_{2.5} 的下降, 但也可能出现反向因果关系, 即空气污染使微博上关注环境话题数量的上升。我们试图通过引入工具变量解决潜在的内生性偏误。把 3 年前的城市网民比例和工资作为工具变量引入工具变量面板数据回归, 这些数据来自中国城市统计年鉴。网民比例是一个合适的工具变量, 因为它与内生变量 PollutionPost 正相关, 而它可

表3 空间杜宾模型的回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
PollutionPost	-0.037***	-0.042**	-0.023	-0.001	-0.114*
Hierachy	—	0.037	0.037	0.034	0.037
Finance	—	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011
Patent	—	0.028**	0.027**	0.032***	0.028**
PGDP	—	-0.091**	-0.092**	-0.094**	-0.091**
FDI	—	0.070**	0.071**	0.072**	0.070**
PopuDensity	—	0.024***	0.023***	0.023***	0.023***
Industry	—	0.005***	0.005***	0.005***	0.005***
Heating	—	0.113*	0.113*	0.113*	0.111*
Precipitation	—	0.027	0.028	0.028	0.026
Wind	—	-0.089***	-0.089***	-0.090***	-0.089***
Tempre	—	0.007	0.006	0.006	0.007
Road	—	0.008	0.009	0.010	0.009
PollutionPost × Hierachy	—	—	-0.024***	—	—
PollutionPost × Patent	—	—	—	-0.039**	—
PollutionPost × Finance	—	—	—	—	0.057
W × PollutionPost	1.549	0.239	0.212	0.214	0.232
W × Hierachy	—	-0.719	-0.715	-0.707	-0.695
W × Finance	—	0.139**	0.140**	0.140**	0.138**
W × Patent	—	0.170	0.162	0.160	0.177
W × PGDP	—	-0.196	-0.192	-0.188	-0.192
W × FDI	—	-1.632	-1.601	-1.573	-1.584
W × PopuDensity	—	0.017	0.017	0.018	0.018
W × Industry	—	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
W × Heating	—	-0.089	-0.089	-0.091	-0.080
W × Precipitation	—	-0.035	-0.039	-0.042	-0.032
W × Wind	—	0.296	0.297	0.304	0.290
W × Tempre	—	0.000	0.001	0.002	0.001
W × Road	—	0.156**	0.155**	0.153**	0.151**
ρ	2.290***	2.479***	2.478***	2.478***	2.479***
常数	-5.098***	-4.146	-4.158	-4.197*	-4.181*
地区数	263	263	263	263	263
观测值	1 315	1 315	1 315	1 315	1 315
R ²	0.032 3	0.576	0.577	0.578	0.572
Log likelyhood	352.7	455.7	456.1	457.0	456.1

注：***表示 $p < 0.01$, **表示 $p < 0.05$, *表示 $p < 0.1$

表4 稳健性检验的结果

变量	(1) 剔除强相关性自变量	(2) RE	(3) FE	(4) IV	(5) IV	(6) IV2
PollutionPost	-0.043**	-0.074***	-0.061**	-2.622***	-0.273*	-0.263*
控制变量	包含	包含	包含	不包含	包含	包含
观测值	1 315	1 315	1 315	1 315	1 315	1 315
地区数	263	263	263	263	263	263
R ²	0.240	0.405	0.178	0.048	0.210	0.226

注：***表示 $p < 0.01$, **表示 $p < 0.05$, *表示 $p < 0.1$

能不能通过其他渠道影响 PM_{2.5} 浓度水平。结果显示在表 4 的第 (4) 列和第 (5) 列。第 (4) 列不包括控制变量，第 (5) 列包括控制变量。Cragg-Donald Wald F 检验拒绝了弱工具变量的假设，表明结果可以接受。回归系数显示结果仍然稳健。第 (6) 列同时引入了互联网用户的比例和城市工资作为工具变量，选择 3 年前的城市工资作为工具变量的原因在于更富裕的人更关注环境，更有可能表达意见，但应该不会通过其他渠道影响到现在的空气质量。过度识别检验的 Sargan-Hansen 统计量为 0.074， p 值为 0.78，接受工具变量为外生的原假设依然稳健，进一步证实了微博上环境关注对空气质量的改善产生了积极影响。

5 结论

众多研究从不同角度分析了中国城市空气污染的决定因素，但较少关注到自下而上的社交媒体的环境关注对改善空气质量的影响。本研究探讨了社交媒体所反映的环境关注对城市 PM_{2.5} 浓度水平的影响以及内在机制。社交媒体为公民提供了一个关注环境的渠道，也是政府进行舆情监测和公众沟通的重要平台。社交媒体的公众参与和监督可以从自下而上的角度帮助中央监督地方政府与企业的利益合谋行为，为中央政府补足信息，强化中央政府的环境监管。本研究阐明了公民的环境意识和环境参与对我国环境治理的重要性。

空间回归模型的结果证实了社交媒体的环境关注能有效降低 PM_{2.5} 浓度水平，表明社交媒体的环境关注已经成为我国影响环境治理重要因素。高等级城市及创新能力较强的城市能够更好地回应社交媒体的环境关注，并降低 PM_{2.5} 浓度水平，而财政压力无助于城市应对环境关注改善空气质量，研究还证实了工业化、城市化和

其他社会经济因素对城市 $PM_{2.5}$ 浓度水平的显著影响。本研究的结论表明, 公众通过社交媒体参与环境讨论, 从自下而上的角度为环境治理提供信息并强化监管, 改变了政府、企业和个人应对空气污染的方式。在分析环境问题时, 应该充分考虑到新兴社交媒体平台的影响。在环境治理的过程中, 对于高级城市和创新能力强的地区, 应充分发挥自下而上的公众监督力量, 促进环境的不断优化。对于财政压力较大的落后地区, 环境治理依赖于自上而下的监管和扶持, 中央政府应通过财政扶持或专项转移支付等手段帮助环境压力大的落后地区优化产业结构, 促进高质量发展和环境改善。研究还存在一些不足之处, 受数据可得性的影响, 本研究的时间段较短, 随着时间的推移, 社交媒体对环境的长期影响还需要进一步分析。此外, 本文未充分考虑污染企业的迁移对城市空气质量的潜在影响, 未来有必要对此做进一步的研究。

参考文献

- [1] CHE H, XIA X, ZHU J, et al. Column aerosol optical properties and aerosol radiative forcing during a serious haze-fog month over North China Plain in 2013 based on ground-based sunphotometer measurements[J]. *Atmospheric chemistry and physics*, 2014, 14(4): 2125-2138.
- [2] HAN L J, ZHOU W Q, LI W F, et al. Impact of urbanization level on urban air quality: a case of fine particles ($PM_{2.5}$) in Chinese cities[J]. *Environmental pollution*, 2014, 194: 163-170.
- [3] COSTANTINI V, MAZZANTI M, MONTINI A. Environmental performance, innovation and spillovers. Evidence from a regional NAMEA[J]. *Ecological economics*, 2013, 89: 101-114.
- [4] LUO K, LI G D, FANG C L, et al. $PM_{2.5}$ mitigation in China: socioeconomic determinants of concentrations and differential control policies[J]. *Journal of environmental management*, 2018, 213: 47-55.
- [5] XU B, LIN B Q. Regional differences of pollution emissions in China: contributing factors and mitigation strategies[J]. *Journal of cleaner production*, 2016, 112: 1454-1463.
- [6] 薛文博, 武卫玲, 付飞, 等. 中国煤炭消费对 $PM_{2.5}$ 污染的影响研究[J]. *中国环境管理*, 2016, 8(2): 94-98.
- [7] 孙涵, 胡雪原, 聂飞飞. 空气污染物的时空演化及社会经济驱动因素研究——以长江三角洲地区为例[J]. *中国环境管理*, 2019, 11(4): 71-78.
- [8] KAY S, ZHAO B, SUI D. Can social media clear the air? A case study of the air pollution problem in Chinese cities[J]. *The professional geographer*, 2015, 67(3): 351-363.
- [9] WANG S L, PAUL M J, DREDZE M. Social media as a sensor of air quality and public response in China[J]. *Journal of medical internet research*, 2015, 17(3): e22.
- [10] DENYER S. China monitors online chatter as users threaten state hold on the internet[N/OL]. *Guardian Weekly*. (2013-08-20). <https://www.theguardian.com/world/2013/aug/20/china-internet-listening-citizens-views>.
- [11] 马小娟. 论社交媒体对公民政治参与的影响[J]. *中国出版*, 2011(24): 22-25.
- [12] 李欣, 杨朝远, 曹建华. 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[J]. *经济学动态*, 2017(6): 45-57.
- [13] JIANG W, WANG Y D, TSOU M H, et al. Using social media to detect outdoor air pollution and monitor air quality index (AQI): a geo-targeted spatiotemporal analysis framework with Sina Weibo (Chinese Twitter)[J]. *PLoS one*, 2015, 10(10): e0141185.
- [14] 夏雨禾. 微博互动的结构与机制——基于对新浪微博的实证研究[J]. *新闻与传播研究*, 2010, 18(4): 60-69.
- [15] 于海婷. 环境群体性事件中社交媒体角色研究——以仙桃“垃圾焚烧发电厂”事件为例[D]. 成都: 成都理工大学, 2017.
- [16] 张君, 孙岩, 陈丹琳. 公众理解雾霾污染——海淀区居民对雾霾的感知调查[J]. *科学学研究*, 2017, 35(4): 491-499.
- [17] 初钊鹏, 卞晨, 刘昌新, 等. 雾霾污染、规制治理与公众参与的演化仿真研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(7): 101-111.
- [18] 郑磊, 魏颖昊. 政务微博危机管理: 作用、挑战与问题[J]. *电子政务*, 2012(6): 2-7.
- [19] 张国兴, 邓娜娜, 管欣, 等. 公众环境监督行为、公众环境参与政策对工业污染治理效率的影响——基于中国省级面板数据的实证分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(1): 144-151.
- [20] 吕志科, 鲁珍. 公众参与对区域环境治理绩效影响机制的实证研究[J]. *中国环境管理*, 2021, 13(3): 146-152.
- [21] VAN ROOIJ B, LO C W H. Fragile convergence: understanding variation in the enforcement of China's industrial pollution law[J]. *Law & policy*, 2010, 32(1): 14-37.
- [22] LO C W H, TANG S Y. Institutional reform, economic changes, and local environmental management in China: the case of Guangdong province[J]. *Environmental politics*, 2006, 15(2): 190-210.
- [23] HE C F, ZHANG T, RUI W. Air quality in urban China[J]. *Eurasian geography and economics*, 2012, 53(6): 750-771.
- [24] HONG D Y. Environmental awareness of Chinese urban residents[J]. *Jiangsu social sciences*, 2005(1): 127-132.
- [25] GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement[R]. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 1991.
- [26] HILTY L M, ARNFALK P, ERDMANN L, et al. The relevance of information and communication technologies for environmental sustainability—A prospective simulation study[J]. *Environmental modelling & software*, 2006, 21(11): 1618-1629.
- [27] HORBACH J, RAMMER C, RENNINGS K. Determinants of eco-innovations by type of environmental impact—the role of regulatory push/pull, technology push and market pull[J]. *Ecological economics*, 2012, 78: 112-122.
- [28] 王俊松, 贺灿飞. 技术进步、结构变动与中国能源利用效率[J]. *中国人口·资源与环境*, 2009, 19(2): 157-161.

- [29] 刘克逸. 产业信息化对我国产业结构升级的作用及政策取向[J]. 软科学, 2003, 17(1): 27-30, 38-38.
- [30] HE C F, PAN F H, YAN Y. Is economic transition harmful to China's urban environment? Evidence from industrial air pollution in Chinese cities[J]. *Urban studies*, 2011, 49(8): 1767-1790.
- [31] LO C W H, FRYXELL G E. Governmental and societal support for environmental enforcement in China: an empirical study in Guangzhou[J]. *The journal of development studies*, 2005, 41(4): 558-588.
- [32] OI J C. Fiscal reform and the economic foundations of local state corporatism in China[J]. *World politics*, 1992, 45(1): 99-126.
- [33] 周黎安. 转型中的地方政府: 官员激励与治理 (第二版)[M]. 上海: 格致出版社, 2017.
- [34] ZHENG S Q, WANG J H, SUN C, et al. Air pollution lowers Chinese urbanites' expressed happiness on social media[J]. *Nature human behaviour*, 2019, 3(3): 237-243.
- [35] CHEN S, SONG Y, DING YT, et al. Research on the strategic interaction and convergence of China's environmental public expenditure from the perspective of inequality [J]. *Resources, conservation and recycling*, 2019, 145: 19-30.
- [36] WANG J S, YE X Y, WEI Y D. Effects of agglomeration, environmental regulations, and technology on pollutant emissions in China: integrating spatial, social, and economic network analyses[J]. *Sustainability*, 2019, 11(2): 363.
- [37] WANG S J, ZHOU C S, WANG Z B, et al. The characteristics and drivers of fine particulate matter (PM_{2.5}) distribution in China[J]. *Journal of cleaner production*, 2017, 142: 1800-1809.
- [38] SHEN J, WEI Y D, YANG Z. The impact of environmental regulations on the location of pollution-intensive industries in China[J]. *Journal of cleaner production*, 2017, 148: 785-794.
- [39] CHENG Z H, LI L S, LIU J. Identifying the spatial effects and driving factors of urban PM_{2.5} pollution in China[J]. *Ecological indicators*, 2017, 82: 61-75.
- [40] ZENG Y Y, CAO Y F, QIAO X, et al. Air pollution reduction in China: recent success but great challenge for the future[J]. *Science of the total environment*, 2019, 663: 329-337.

Can Environmental Concerns in Social Media Improve Air Quality? An Empirical Analysis Based on Chinese Prefecture-Level Cities

WANG Junsong

(1. Institute for Global Innovation & Development, East China Normal University Shanghai 200062, China; 2. School of Urban and Regional Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: With the rapid development of mobile Internet, people are increasingly using social media to express their concerns about environmental issues such as haze. This study explored the impact of environmental concerns reflected in social media on urban PM_{2.5} levels and the underlying mechanisms of this impact using Weibo as an example. It was found that the spatial distribution of environmental concerns on Weibo showed a tendency to cluster toward high-ranking and high-pollution cities, with high PM_{2.5} levels concentrated in areas where coal resources or heavy industries are agglomerated, and showed strong spatial auto-correlation. The results of the spatial regression model confirmed that environmental concerns from social media significantly reduce PM_{2.5} levels, that higher-ranking and more innovative cities are able to better respond to environmental concerns from social media and effectively reduce urban PM_{2.5} levels, and that financial burdens hinder the ability of cities to respond to environmental concerns to improve air quality. The study also confirmed the significant effects of industrialization, urbanization, and other socioeconomic factors on urban PM_{2.5} levels. This study proposed a potential channel to influence environmental governance from the perspective of social media environmental concerns, showing that environmental concerns through social media have become an important force in environmental governance, and the influence of emerging social media platforms should be fully considered when analyzing environmental issues.

Keywords: social media; public pressure; PM_{2.5}; pollution; environment; China