

空气质量的影响因素分析

——以江苏省 13 个城市为例

李惠娟 张玉 张晓怡¹

(徐州工程学院经济学院, 江苏 徐州 221111)

【摘要】: 利用 2014—2017 年江苏省 13 个城市月度面板数据, 通过固定效应模型研究空气质量与经济增长、气象因素之间的关系。结果表明: 从全省看, 空气质量与固定资产投资显著负相关, 与风力正相关, 且风力对空气质量影响具有双重性, 用电量及降雨量的影响不显著; 从区域看, 苏南、苏中、苏北的空气质量影响因素存在差异, 降雨量、风力与苏南、苏中的空气质量都正相关, 固定资产投资与苏北地区的空气质量负相关。最后提出改善空气质量的四点建议。

【关键词】: 空气质量 影响因素 经济增长 气象因素

【中图分类号】: F062.2; X196 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2019)03-201-05

1 引言及文献综述

改革开放以来, 我国经济高速增长, 国内生产总值稳居世界第二, 但发展质量和效益却有待提高, 粗放式发展背后带来的是巨大环境污染隐患。习近平总书记在党的十九大报告中提出“绿水青山就是金山银山”, 环境保护问题得到了社会广泛关注。自中国特色社会主义进入新时代以来, 社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分发展之间的矛盾, 空气污染严重影响人们的生活质量。例如雾霾天气不仅诱发了交通瘫痪、航班延误、呼吸敏感人群的疾病高发及学校大面积停课等问题, 还引发了人们对自身健康的担忧^[1]。可见, 较低的空气质量使得人们对风险的感知已经涉及生活的各个方面, 提升空气质量刻不容缓。《中国统计年鉴》表明, 2013 年以来, 全国 74 个环保重点城市 PM_{10} 平均值为 $89.75\mu\text{g}/\text{m}^3$, $PM_{2.5}$ 平均值为 $52.29\mu\text{g}/\text{m}^3$, 均超过二级平均浓度限值, 空气质量情况较差。

从现有文献看, 关于空气质量的相关研究主要集中在两个方面。一方面, 分析气象因素对空气质量的影响。王静等^[2]指出, 济南由于受能源结构、地形、自然条件等因素的影响, 空气污染指数 API 累计平均值增大, 且空气质量具有明显的季节变化特征。周兆元等^[3]指出除了直接受局地大气污染物排放的影响, 空气质量也受局地气象因素的影响。谢延军和王莉^[4]选取 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 SO_2 等与空气质量指数相关性最显著的因素建立了多元回归模型, 发现鞍山市的 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 和 SO_2 之间具有明显的相关性。另一方面, 分析经济因素对空气质量的影响。陈强等^[5]着重考察北方冬季燃煤供暖对空气质量的影响, 王斌会和王术^[6]根据我国 31 个主要城市的面板数据, 对空气质量的影响因素进行实证研究。张娟和刘侃^[7]通过测度发现, 河南省的空气质量与经济增长之间存在较为显著的“三次曲线关系”。李惠娟等^[8]根据环保部门的污染源解析结果, 建立面板计量经济学模型, 发现煤炭消耗、第二产业比重几

¹**作者简介:** 李惠娟(1974-), 女, 江苏徐州人, 博士, 副教授, 研究方向为资源与环境经济。E-mail: chinajslhj@163.com。

基金项目: 国家社会科学基金项目“基于公众健康的长三角雾霾协同治理动力机制与责任成本分配研究”(17BGL141); 国家自然科学基金项目“考虑大气污染物协同控制和减排策略差异的城市二氧化碳减排成本研究”(71573119); 江苏省“六大人才高峰”高层次人才项目“长三角地区大气污染区域联防联控的动力机制”(JY-082); 江苏高校哲学社会科学项目“江苏省空气污染的健康经济损失评估及应对策略研究”(2016SJD790028)。

乎是南北方、东中西部所有城市空气污染的显著性影响因素,汽车拥有量主要对南方城市、东部城市有显著影响,房地产开发的影响则不太显著。分析上述文献发现,大部分学者采用年度数据对空气质量与经济因素、气象因素发展的关系进行相关性分析,但是空气质量每时每刻都在发生变化,用越小的时间间隔越能反映空气质量与其影响因素的关系。

江苏省是经济大省,空气质量却不尽如人意,与群众向往的美好生活还有较大差距。2017年江苏省地区生产总值达8.59万亿元,占全国GDP的10%,但空气污染相对严重。如图1所示,江苏省13个城市平均空气质量综合指数(AQCI)较高,且空气质量具有明显的季节变化特征,各市夏季空气质量最好,冬季最差。本文以江苏省为研究对象,基于2014—2017年13个城市的月度空气质量及相关数据,建立面板模型,进行空气质量影响因素的探究。考虑到苏南、苏中、苏北地区发展的差异性不平衡性,进一步通过比较分析,考察产业结构对空气质量的影响并提出整治措施。

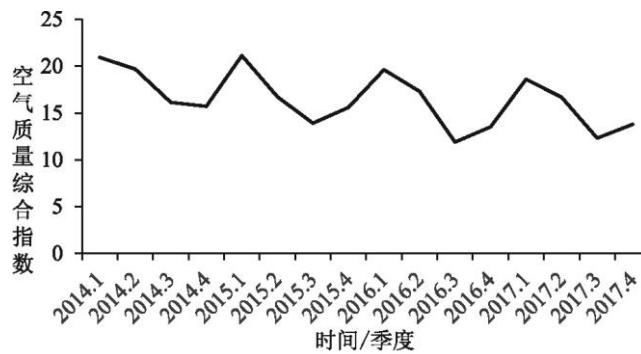


图1 2014—2017年江苏省13个城市平均空气质量综合指数季度变化

本文可能的创新之处在于:一是采用2014—2017年的月度面板数据,数据规模大、时效性强。二是将经济增长与气象因素同时纳入研究模型之中,避免单一因素带来模型遗漏相关变量的情况。三是进一步对江苏省南、中、北三个区域空气质量的影响因素进行研究,发现两类因素对空气质量的影响程度因区域而异并提出改善措施。四是以空气质量综合指数(AQCI)作为反映空气质量的指标,综合考虑了《环境空气质量指数(AQI)技术规定(试行)》(HJ633-2012)中规定的SO₂、NO₂、PM_{2.5}、PM₁₀、CO、O₃六种污染物污染程度,AQCI值越大表明综合污染程度越重,综合性强。

2 模型构建与变量说明

考虑到空气质量受气象因素和经济增长因素的双重影响,构建回归模型见公式(1)。

$$AQCI_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 VA_{it} + \alpha_2 IEC_{it} + \alpha_3 FAI_{it} + \alpha_4 RF_{it} + \alpha_5 WS_{it} + \mu_{it} \quad (1)$$

式中:i表示第i个城市,t表示第t个月。

被解释变量AQCI为空气质量综合指数,该数据源自生态环境部每月发布的《74个城市空气质量状况报告》,包括江苏省13个城市2014年1月—2017年12月的逐月数据。

气象因素包括降雨量(RF)和风力(WS),2014—2016年月降雨量数据源自《江苏统计年鉴》,2017年月降雨量数据源自“中国气象数据网”日值数据集,风力数据源自“2345天气网”。

经济发展因素包括规模以上工业增加值 (VA)、工业用电量 (IEC) 和固定资产投资 (FAI), 所有月度数据均源自扬州市统计局网站《全省各市主要指标情况》报告, 并使用江苏省居民消费价格指数 (CPI) 对其进行平减, 表 1 为所有变量的描述性统计。按照污染源解析的结果, 建筑扬尘、汽车排放量等也是影响空气质量的主要因素^[9], 但是在所有的城市统计网站上都无法查到二者的城市月度数据, 所以未引入本文模型。

表 1 变量的描述性统计

变量名称		变量含义	样本数	平均数	最小值	最大值	标准差
被解释变量	AQCI	空气质量综合指数	624	5.49	2.71	10.41	1.27
解释变量	VA	规模以上工业增加值/亿元	624	211.66	11	668.24	113.78
	IEC	工业用电量/亿千瓦时	624	24.52	5.04	155.86	22.69
	RE	降雨量/毫米	624	184.68	0	1406	236.72
	EAI	固定资产投资/亿元	624	298.85	56.54	933.48	137.07
	WS	风力/级	624	100.50	45	135	14.71
	EAI	固定资产投资/亿元	624	298.85	56.54	933.48	137.07
	WS	风力/级	624	100.50	45	135	14.71

3 检验及结果分析

3.1 模型检验

(1) 多重共线性检验。在已建立模型的基础上进行多重共线性检验, 结果如表 2 所示, VA 与 IEC 的相关系数较高, 说明 VA 与 IEC 具有较高的多重共线性, 而且 VA 与 FAI 的相关系数明显高于 IEC 与 FAI 的相关系数, 所以舍去 VA。

表 2 变量间相关系数

变量	VA	IEC	RF	FAI	WS
VA	1	0.8731	0.1446	0.6626	-0.0175
IEC	0.8731	1	0.1215	0.5795	-0.0539
RF	0.1446	0.1215	1	0.1341	-0.1334
FAI	0.6626	0.5795	0.1341	1	-0.0553
WS	-0.0175	-0.0539	-0.1334	-0.0553	1

(2) F 检验。通过 F 检验, 从混合效应模型和固定效应模型中选出一种模型进行分析, 原假设与备择假设分别为:

H₀:模型中不同个体的截距相同(真实模型为混合效应模型)。

H₁:模型中不同个体的截距不同(真实模型为个体固定效应模型)。

F 统计量定义为:

$$F = \frac{\{(SSE_r - SSE_u) / [(NT - K - 1) - (NT - N - K)]\} / [SSE_u / (NT - N - K)]}{[(SSE_r - SSE_u) / (N - 1)] / [SSE_u / (NT - N - K)]} \quad (2)$$

其中:SSE_r表示约束模型,即混合效应模型的残差平方和;SSE_u表示非约束模型,即个体固定效应模型的残差平方和,NT表示样本的总观测值,K表示变量的个数,N表示截面数据的个数,即江苏省13个城市。检验结果如表3所示。

表3 模型的统计量 F

变量名称	F 值	F _{0.05} (12, 610)
FAI、IEC、RF、WS	32.05	1.75

通过比较,可知统计量 F > F_{0.05} (12, 610), 因此建立个体固定效应回归模型更合理。

(3) Hausman 检验。通过 Hausman 检验,从随机效应模型和固定效应模型中选出一种模型进行分析,其中:H₀:个体随机效应与回归变量无关(个体随机效应模型)。H₁:个体随机效应与回归变量有关(个体固定效应模型)。检验结果如表4所示。通过比较,可知 P > χ²_{0.05}(4)因此建立个体固定效应模型更合理。

表4 Hausman 检验结果

变量名称	P 值	结果	χ ² _{0.05} (4)
FAI、IEC、RF、WS	10.89	个体固定效应模型	9.49

3.2 模型估计结果分析

(1) 省级层面的估计结果分析。经过以上检验,确定模型为:

$$AQCI_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 IEC_{it} + \alpha_2 FAI_{it} + \alpha_3 RF_{it} + \alpha_4 WS_{it} + \mu_{it} \quad (3)$$

对其进行个体固定效应模型估计,结果如表5所示。

表5 四变量模型回归结果

变量	系数	标准差	t 值	P 值	R ²	F 值
C	5.6125**	0.2366	23.7194	0.0000	0.8809	65.7406
IEC	0.0008	0.0033	0.2446	0.8068		
FAI	0.0011**	0.0003	4.1187	0.0000		
RF	-0.0002	0.0002	-1.2166	0.2243		
WS	-0.1290*	0.0589	-2.1903	0.0289		

注:上角标**、*分别表示在 1%、5%水平上显著。

根据表 5 得到模型 (4):

$$AQCI_{it}=5.6125+0.0008IEC_{it}+0.0011FAI_{it}-0.0002RF_{it}-0.1290WS_{it}$$

$$R^2=0.8809 \quad F=65.7406 \quad SSR=119.5305 \quad (4)$$

由模型 (4) 可见: 风力 WS 在 5% 的水平上显著, 固定资产投资 FAI 在 1% 的水平上显著。AQCI 与降雨量 RF 呈负相关但不显著, 说明降雨量对江苏省 13 个城市的空气质量有正效应但不显著。研究表明, 降水不仅能溶解大气中的一些气体污染物, 对空气污染物起到清除和冲刷作用, 也可以在一定程度上抑制地面扬尘发生, 从而降低空气中污染物的浓度^[10]。其不显著的原因可能是在湿度较高、雨量较小的情况下, 不仅空气中的细颗粒物 (PM_{2.5}) 会“吸湿增长”, 汽车排放的尾气、工厂产生的废气中含有 SO₂、NO₂ 等污染气体, 也会在高湿度环境中发生化学反应, 进一步生成 PM_{2.5}, 使污染物维持较高浓度^[11]。可见, 只有在雨量较大, 一般是中到大雨的情况下, 才容易降低空气中污染物的浓度, 起到净化空气的作用。

AQCI 指数与工业用电量 IEC 呈正相关但不显著。虽然江苏省是工业用电大省, 但是近年来随科技发展, 新能源发电已取得很大进步。这不仅大大提高了供电效率, 也减少了发电厂对火力发电的依赖, 降低煤炭、石油等燃料的使用, 从而削弱了对空气质量的破坏。选取对空气质量有较大影响的两个变量 FAI、WS 作为解释变量重新建立模型 $AQCI_{it}=\alpha_0+\alpha_1FAI_{it}+\alpha_2WS_{it}+\mu_{it}$, 个体固定效应模型的估计结果如下:

$$AQCI_{it}=5.5881+0.0011FAI_{it}-0.1260WS_{it}$$

$$R^2=0.8810 \quad F=67.9301 \quad SSR=119.8625 \quad (5)$$

根据模型 (5), AQCI 与固定资产投资 FAI 显著正相关, 说明固定资产投资对空气质量具有负效应。因为固定资产投资增加, 许多高污染、高耗能的重工业生产所用的基础设施和原材料导致空气污染的加重, 即空气质量综合指数随固定资产投资的增加而增加。

AQCI 与风力 WS 显著负相关, 说明风力对空气质量具有正效应。风是边界层内影响污染物稀释扩散的重要因子, 而风力是形成快速水平输送或平流的主要原因。风力越大, 单位时间内污染物被输送的距离越远, 与污染物混合的清洁空气的量越多、污染物浓度降低; 风力越小, 这种水平输送和稀释冲淡作用越弱, 污染物浓度越高^[12]。这也印证了提升空气质量要“等风来”的观点。考虑到风力过大会使可吸入颗粒物浓度易受地面开放源的影响, 导致空气污染加重^[13], 因此风力对空气质量影响具有双重性。

(2) 区域层面的估计结果分析。分区域对苏南、苏中、苏北地区空气质量的影响因素进行研究, 从公式 (4) 中选取各地区 t 值

最有效的两个变量纳入模型,回归结果如表 6 所示。不同区域的空气质量影响因素存在差异。其中,苏南的降雨量 RF 对 AQCI 的影响在 5%水平下显著为负,其系数为-0.0005,即降雨量对空气质量的影响具有显著正效应,工业用电量 IEC 对空气质量的影响具有负效应;苏中的风力 WS 对 AQCI 的影响在 5%水平下显著为负,其系数为-0.2560,即风力对空气质量的影响具有显著正效应,降雨量 RF 对空气质量的影响具有负效应;苏北地区的固定资产投资 FAI 对 AQCI 的影响在 1%水平下显著为正,其系数为 0.0018,即固定资产投资对空气质量的影响具有显著负效应,风力 WS 对空气质量影响具有正效应。

表 6 分区域回归结果

地区	变量	系数	t 值	R ²	F 值	SSR
苏南	C	5.4932***	46.4939	0.9335	49.2581	22.2212
	IEC	0.0050*	1.7925			
	RF	-0.0005	-2.3607			
苏中	C	6.1729***	14.3766	0.9226	21.4961	13.5588
	RF	0.0005*	1.7249			
	WS	-0.2560**	-2.0986			
苏北	C	5.2541***	16.1920	0.9257	43.7437	37.0226
	FAI	0.0018***	4.2519			
	WS	-0.0813	-0.8820			

注:上角标***、**、*分别表示在 1%、5%和 10%水平上显著。

考虑到江苏省三大区域发展的不平衡性,从产业结构方面对三区域空气质量的影响因素进行分析。2014—2016 年江苏省三大区域产业结构平均占比如图 2 所示。

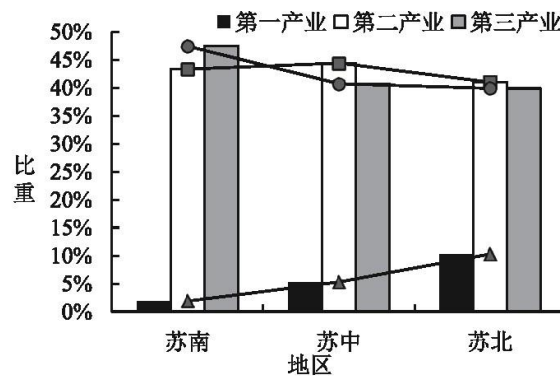


图 2 2014—2016 年江苏省三大区域平均产业结构占比情况

(1) 苏南地区第一产业占比最小,第三产业占比最大。随着苏南城市化进程的推进,交通运输业已十分发达,房地产及公共设施等基础设施建设正不断加快,建筑扬尘和机动车排放物已成为苏南地区重要的大气颗粒物污染源。而苏南一带降雨充沛,能够较好地溶解大气中的污染物,从而改善空气质量。

(2) 苏中地区第二产业占比较大,因其降雨量相对苏南地区较少,所以风力便成为重要影响因素。

(3) 苏北地区第一产业占比相对苏中和苏南地区较大, 第三产业占比相对较小, 生产更加粗放, 固定资产投资增加导致高污染、高耗能企业的产量增加, 导致空气污染加重。

4 建议

4.1 转变发展思路, 调整产业结构

从模型(5)的结果表明, 空气质量综合指数(AQCI)与固定资产投资(FAI)显著正相关, 说明固定资产投资越大, 空气质量综合指数越高, 空气质量越差。长期以来, 我国经济的高速发展一直依赖于出口、消费、投资。就出口而言, 根据江苏省2018年第一季度外贸数据, 外贸进出口延续了去年以来的稳定增长态势, 继续领跑沿海主要省市; 据南京海关统计, 一季度江苏外贸进出口额9751亿元, 同比增长10.5%, 增速高于全国平均水平。然而, 在2017年江苏省政府新闻发布会上, 江苏省贸促会会长笪家祥称, 在2008年国际金融危机以后, 国内外环境产生很大变化, 江苏的进出口贸易增幅也相对减缓。其次, 近日中美之间的贸易战中, 美国对中国进口商品加征关税, 导致我国的高新技术、钢铁、化工等产业都受到贸易打击, 从而使我国出口增速放缓。就消费而言, 江苏省的消费水平同北京、上海等发达城市相比较低, 消费拉动经济增长不明显。综上所述, 固定资产投资在拉动经济增长作用中显得尤为重要。为减小固定资产投资对空气质量造成的不利影响, 应考虑转变发展思路, 调整产业结构, 多使用清洁^[14]生产方式, 积极发展新兴产业和第三产业^[14]。

4.2 减缓建筑业发展速度, 减少风力传播阻碍

前文的研究还表明, 空气质量综合指数(AQCI)与风力(WS)显著负相关, 说明风力越大, 空气质量综合指数越小, 空气质量越好。一方面, 建筑业对风的传播具有一定影响。《2016年江苏建筑业发展报告》指出, 2016年全省建筑业总产值29549.2亿元, 全国占比13.3%(以江苏省统计局统计产值同口径测算), 同比增长4.8%, 增幅与上年相比持平, 继续保持全国第一, 但随着江苏省建筑业快速发展, 越来越多的空地被高楼大厦替代, 严重阻碍了风力流通和空气中的污染物扩散。此外, 运输施工材料过程中, 由于公路不平或装运过满等原因产生道路抛洒物, 大大增加了大气中的扬尘含量, 从而影响空气质量。因此, 适当放缓楼房的建筑速度、降低房地产业的主导地位、减少对风力传播的阻碍具有改善空气质量的作用。

4.3 实施防治措施, 提高环保意识

为提高空气质量, 一方面各相关部门要强化环保宣传力度, 全面推行环保宣传工作, 适当通过各种媒体传播渠道来响应政府号召, 积极鼓励公民参与保护环境和提高空气质量的的活动。另一方面, 对于违反环境保护相关法律法规的公民, 也应予以相应处罚。此外, 应强化监测力度, 为响应2017年“两会”上生态环境部部长提出关于实现“中央环保督察全覆盖”的目标, 可以适当增加环境监测方面预算, 大力推动环境监督管理能力建设, 引进空气自动监测设备, 如探空雷达、卫星遥感遥测机器, 设立更多空气质量监测站点, 实现对江苏省空气质量的全方位、全天候监控。对于污染比较严重的地方, 也可以继续实施限产、限行措施。

4.4 实施法律措施, 惩治违法行为

为改善空气质量, 应严厉打击污染环境的违法行为。对于污染程度较大的企业, 各税务局可以根据2018年1月1日开始实行的《环境保护税法》对企业进行处罚; 对于公民的个人行为, 应形成相互监督的氛围, 并形成相应的惩治机制。此外, 取缔超标排放尾气的机动车也是重要措施之一。2017年“两会”上相关部委负责人已就尾气超标排放问题提出要求, 可见机动车尾气排放污染问题不可忽视。对于未销售的机动车建议各监管部门加强尾气排放系统的监测, 及时停止不合格机动车的生产、销售。对于已销售的机动车, 建议车检单位对汽车年检予以更高的要求。在平时路检时, 也可以增加抽检尾气排放这一程序。

参考文献:

-
- [1]展云逸,尹海涛.空气质量对我国旅游城市的影响分析——基于2005—2014年全国135个旅游城市的面板数据[J].西南师范大学学报(自然科学版),2017(1):88-94.
- [2]王静,邱粲,刘焕彬,等.山东重点城市空气质量及其与气象要素的关系[J].生态环境学报,2013(4):644-649.
- [3]周兆媛,张时煌,高庆先,等.京津冀地区气象要素对空气质量的影响及未来变化趋势分析[J].资源科学,2014(1):191-199.
- [4]谢延军,王莉.基于多元回归分析的STM32空气质量监测系统设计与开发[J].辽宁科技大学学报,2015(4):278-282.
- [5]陈强,孙丰凯,徐艳娟.冬季供暖导致雾霾?来自华北城市面板的证据[J].南开经济研究,2017(4):25-40.
- [6]王斌会,王术.我国城市空气质量影响因素的实证研究——基于中国31个主要城市面板数据的分析[J].福建农林大学学报(哲学社会科学版),2015(6):29-33.
- [7]张娟,刘侃.空气质量与经济增长关系测度[J].合作经济与科技,2013(10):18-19.
- [8]李惠娟,周德群,魏永杰.中国主要城市空气污染的影响因素——基于污染源解析的研究[J].生态经济,2018(4):197-203.
- [9]王清勤,李国柱,赵立,等.建筑室内细颗粒物(PM_{2.5})污染现状、控制技术与标准[J].暖通空调,2016(2):1-7.
- [10]李小飞,张明军,王圣杰,等.中国空气污染指数变化特征及影响因素分析[J].环境科学,2012(6):1936-1943.
- [11]蔡怡静,李太平.城市空气质量影响因素的实证分析[J].环境保护与循环经济,2015(2):65-68.
- [12]苏捷,王丽涛,魏巍,等.2001—2011年我国城市空气污染变化特征及分析[J].河北工程大学学报(自然科学版),2012(4):48-52.
- [13]陈镛,马井会,甄新蓉,等.上海地区空气污染变化特征及其气象影响因素[J].气象与环境学报,2017(3):59-67.
- [14]李德栓.习近平论中国的生态环境[J].徐州工程学院学报(社会科学版),2016(3):12-17.