

城市化对空气质量的影响研究

——以京津冀城市群为例

高明 郭峰*

摘要:我国城市空气污染日益严重,城市化进程对空气质量的影响不容忽视。本文基于2003-2015年京津冀13个城市的面板数据,运用动态面板模型多维度考察京津冀城市群发展中的人口城市化、经济城市化、土地城市化以及环境规制对空气质量产生的影响。研究发现:京津冀城市群城市人口规模与空气污染综合指数呈现“U型”曲线关系,城市人口密度、民用汽车拥有量与空气污染呈正相关关系;城市人均GDP与城市空气污染间存在“U型”关系,第二产业的发展将加剧城市空气污染;城市建成区面积及城市交通道路建设对空气污染具有正向影响,城市建成区绿化覆盖率对空气污染产生负向作用;环境规制与城市空气污染之间具有显著的负相关关系。因此,发展公共交通,转变经济发展方式以及合理控制城市用地规模、规划城市道路建设将有效改善京津冀区域的空气质量;而治污资源共享机制建立将促进跨区域协同治理,从而为京津冀城市群空气质量改善提供坚实的基础。

关键词:京津冀城市群;城市化;空气质量

一、引言

随着我国城市化与工业化进程的快速推进,2017年我国城市化率增高至58.2%,城市化是我国现阶段发展的重要特征,也成为我国经济结构转型、拉动内需的主要推动力。但同时,城市化进程中人口与工业生产的大量集聚,导致了严重的资源环境问题,其中空气污染问题尤为严重。近年来,我国雾霾天气现象频发,空气质量问题日益显著,空气污染逐渐成为当前困扰我国公民生产生活最主要的环境问题之一,尤其是京津冀区域的空气污染问题最为显著。根据环境保护部公布的2016年空气质量监测结果显示,京津冀城市群13个城市平均超

*高明,福州大学经济与管理学院,邮政编码:350108,电子邮箱:gaoming65@163.com;郭峰,福州大学经济与管理学院,邮政编码:350108,电子邮箱:gf19902000@163.com。

本文系国家自然科学基金项目“促进城市矿产开发利用的多主体协同机制研究”(18BGL176)和福建省高校新型特色智库项目“福建绿色发展研究院”(201705)的阶段性成果。感谢匿名审稿人提出的宝贵意见,文责自负。

标天数占比43.2%,与2015年相比,京津冀的空气环境状况有所改善。但从目前来看,空气污染问题仍十分严重,特别是每年冬季京津冀区域进入采暖季后,其空气污染形势更加严峻。因此,在快速的城市化发展与严峻的空气污染形势下,改善京津冀区域空气质量成为了大气污染防治的重中之重。

不可否认,城市化并不是单一指标演变的过程,它具有多维度涵义,反映了人口、社会、经济、生态、土地、文化及公共设施等多个子系统的复杂变化过程。不同学者基于不同维度探讨城市化与空气质量的关系得出不同观点:一是人口城市化中,众多学者研究发现,人口数量是城市大气污染的主要驱动因子,其产生的交通尾气排放、生活燃料逐渐成为城市空气质量下降的主要原因(Grossman & Krueger, 1993; Duan et al., 2004; Selden & Song, 2004; 徐中民等, 2005; 周文华等, 2005; 宋翔宇、谢绍东, 2006; 杜雯翠、冯科, 2013; 张小曳等, 2013; 许瀛元, 2014; 王丽, 2014; 王兴杰等, 2015)。二是经济城市化与空气质量关系研究中,最著名的争论是关于二者关系是否符合环境库兹列茨曲线(EKC), Faamd等(2001)、Verhoef和Nijkamp(2002)、李斌和李拓(2014)、王敏和黄滢(2015)、马素琳等(2016)的研究支持城市经济增长与污染物排放量之间存在EKC曲线关系。同时,经济城市化中的产业集聚现象也是影响城市空气质量的重要因素之一。对于产业集聚与空气污染的关系,国内外学者主要提出了三种观点:第一,产业集聚将加剧空气污染,认为以第二产业为主的城市生产方式将消耗更多的能源和资源,并排放更多的污染物(王树功等, 2003; 陈建军、胡晨光, 2008; 李伟娜等, 2010; 张可、豆建民, 2013; 李勇刚、张鹏, 2013); 第二,杨仁发(2015)、刘习平和盛三化(2016)则认为产业集聚通过提高资源集中利用效率、基础设施共享率等路径实现污染物排放量的降低; 第三,王菲等(2014)、万建军和李扬如(2014)、许正松和孔凡斌(2014)认为产业集聚的发展与环境污染的关系不确定。再者,对于经济城市化中的产业结构,学者们普遍认为第二产业比重的增加会显著地恶化空气质量,产业结构的高级化将促进大气污染减排效应(王桂新、武俊奎, 2012; 李茜等, 2013; 李鹏, 2015; 韩楠、于维洋, 2015; 吴振信等, 2016; 唐响凯、刘胜华, 2015)。三是土地城市化与空气质量关系研究中,董直庆等(2014)、谭娟和陈晓春(2011)、孙坤鑫和钟茂初(2017)得出城市用地规模的扩大将产生更多的空气污染物排放量,但陈平等(2012)认为这种影响并不一定成立,还需要考虑到技术进步的因素。四是环境规制与空气质量研究中, Henderson等(1995)、李佳佳和罗能生(2016)都认为严格的环境规制是必不可少的,其能够优化产业结构,达到节能减排目标。

基于现有的研究成果,可知城市化对空气质量的影响是多方面、多维度的。但现有的实证研究主要集中于单一维度城市化与空气质量的关系,缺乏综合考虑人口、经济、土地与制度等多维度城市化对空气质量的影响。另外,已有的大部分研究是将单一指标作为空气质量指标,本文将 SO_2 浓度、 NO_2 浓度和 PM_{10} 浓度构建的空气质量综合指数作为被解释变量,以京津

冀区域 13 个城市为研究对象,综合考察城市化对空气质量的影响,研究京津冀城市群城市化发展对空气质量的影响,以期对京津冀区域的空气治理提供一定的政策建议。

二、城市化对空气质量的影响机理

(一) 人口城市化对空气质量的影响

城市化进程伴随着城市人口的聚集、生活方式的转变,居民对住房需求、车辆购置等需求日益增长,进而增加了施工粉尘与机动车尾气的排放量,对城市空气质量产生影响。这类由于城市中人口集聚所导致的空气污染称为城市化的“生活效应”。城市居民生活行为对空气质量的影响来自于两个方面:一方面,居民生活垃圾的产生与处理。随着城市居民生活质量的提升与城市人口的不断增加,不可避免地会出现更多的城市生活废弃物。目前我国对生活垃圾的处理方式主要是采用焚烧、堆肥及填埋,其中生活垃圾的焚烧对环境破坏最为严重。由于在生活垃圾焚烧的过程中会释放出含有多种有害物质的烟气,如氮氧化物、二氧化硫等,未进行净化处理的垃圾焚烧将会造成大气的二次污染,而我国在烟气净化、燃烧优化方面的技术还不完善,因此垃圾焚烧排放了大量有害物质,进一步恶化了空气质量。另一方面是生活燃料的使用,由于城市化进程中城市人口的增加,餐饮、交通出行等活动导致居民生活燃料消费量不断提升,从而排放出更多的废气污染物进入空气中,造成城市空气污染。

(二) 经济城市化对空气质量的影响

经济发展是一个国家或者地区内人均福利提高与经济总量增加的过程。经济城市化对空气质量的影响主要通过三个方式体现,即产业集聚、产业结构和技术效应。产业集聚主要从两个方面对城市空气质量产生影响:一方面,当城市形成一定规模的产业集聚时,需要消耗更多的资源且同时会排放更多的污染物;另一方面,随着产业的聚集,政府能够更好地统一整治污染排放物,提升污染处理设施的效率,并通过提高资源集中利用效率、基础设施共享率等路径实现污染物排放量的降低,达到改善环境质量的目标。产业结构与空气质量在长期内存在着动态均衡关系,主导产业在三次产业间进行调整时会对空气质量产生不同的影响,其中第二产业比例的提高会对环境质量产生显著的负向影响。特别是重工业比率越高,环境污染越严重。随着产业结构不断升级,其对环境治理的作用方向将逐渐由负向转为正向。此外,经济增长会带来科技水平的提高,若假定产业结构和经济规模等不发生变化,只考虑科技进步与空气污染的关系,科技水平的提高对环境的影响表现在“开源”和“节流”两个方面。“开源”即生产技术的进步,从生产环节,也就是污染源处对空气质量产生积极的影响,生产科技提高可以提升资源能源的利用率,并相应减少有害污染物的排放。而“节流”则体现在治污技术的提高,通过治污设备的升级改进来提高治污效率,对于已经从生产环节排出的环境污染物进行处理,在末端减少空气污染物的排放量,达到保护和改善环境的目的。

(三) 土地城市化对空气质量的影响

城市土地规模的扩张必然伴随着城市交通用地、住宅用地以及工业用地的增加,在城市建筑设施等施工和拆迁中都会不可避免地对环境造成影响,如施工材料运输、装卸、堆积及施工挖掘、地面裸露、违规操作等都会产生扬尘污染。另一方面,城市中各类不同功能的地块如工业用地、住宅区、商圈等的结构分布与组合构成了城市布局。城市空间密度越大,单位面积的能耗和污染物排放也越多,而合理的城市密度也有利于节约土地资源、提高能源使用效率以及污染物的集中处理等。总体上,伴随着城市土地开发强度的逐渐提高,生态环境效应指标(包括空气质量)发生先快速后慢速下降的变化。当城市土地开发强度到达一定值之后,开发强度的增强对生态环境效应指标的负面影响将变小。此外,城市绿化水平也是人口空间集聚和环境质量的重要调节器。城市绿化建设除了能够调节气温,还有助于空气中二氧化碳的吸收以及颗粒物和其他有害物质的吸附,进而降低城市空气中的污染物,提高空气质量。

(四) 环境规制对空气质量的影响

环境规制对空气质量的影响主要从两个方面共同决定了影子经济规模的扩大对空气质量的影响:

一是政府利用行政手段或其他约束性手段来对造成环境污染的个体经济活动进行调节约束,使其外部成本内在化,减少经济整体污染排放的规模。首先,环境规制强度的提高虽然会引起企业污染物处理成本的提高,降低企业产品和服务的市场竞争力。但从长期来看,这种高强度的环境规制将刺激企业增加环保科技投入,提升资源利用效率,降低污染排放水平,从而减少自身的污染排放费用。其次,环境规制政策的施行能够限制企业污染物排放量,推动企业对生产设备与专业技术进行升级。最后,环境规制也将建立、完善环保督察体系,对企业非法排污行为进行监督,提高规制效率。

二是环境规制将可能增加经济体中影子经济的规模和比率,进而影响整个经济体的污染排放水平。首先,环境规制强度的提高迫使高污染行业缴纳高额的污染费用,企业为了避免这类成本,会寻求逃避政府管制的方法,将高污染的资本密集型生产转变为影子经济,从而扩大影子经济的规模并提高其中污染性产业所占比例,相较于政府管制下的经济,缺乏监管的影子经济会排放更多的污染物。其次,环境规制强度的提高使高污染的资本密集型企业放弃资本密集型生产,并转向影子经济,他们倾向于利用廉价劳动力替代资本,发展劳动密集型产业,使劳动密集型影子经济规模不断扩大,一般而言,劳动密集型产业污染水平较低,而资本密集型产业污染水平较高。

三、变量选择与模型设定

(一) 变量选取

1. 被解释变量

本研究考察的是城市化对空气质量的影响,因此将空气质量作为模型中的因变量。在对现有文献的梳理与总结中发现,不同的学者分别选取可吸入颗粒物(PM_{10})、二氧化硫(SO_2)、氮氧化物(NO_x)、一氧化碳(CO)等污染物浓度表征空气污染状况。本文综合考虑到空气污染的多样性与污染物的异质性,并参照《环境空气质量评价技术规范》中规定,分别选取 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 这三种污染物的年均浓度,以及在此基础上通过一定的计算方法构建的空气污染综合指数,空气污染综合指数越高,则表示污染程度越严重。其计算方法如下:

$$\text{各污染物分指数 } I_i = \frac{C_i}{S_i}; \text{ 空气污染综合指数 } I = \sum_{i=1}^n I_i$$

上式中: C_i 表示第*i*项污染物的实测浓度; S_i 表示第*i*项污染物相应的环境标准限制; n 表示参与评价的空气污染物数目。

根据《环境空气质量标准》中的规定,三种污染物的年平均浓度限值见表1,本文采用二级质量浓度限值。

表1 环境空气污染物基本项目质量浓度限值

污染物名称	SO_2	NO_2	PM_{10}
一级质量浓度限值($\mu g/m^3$)	20	40	40
二级质量浓度限值($\mu g/m^3$)	60	40	70

2. 解释变量

Fan 和 Scott(2003)将空气污染分为产业公害型和城市生活型,一方面随着城市化进程的推进,城市人口不断集聚,对原有城市生活方式产生一定的冲击,吃穿住行等生活需求不断膨胀,加剧了城市生活型空气污染。另一方面,城市化的发展得益于经济发展,更加促进了城市产业集聚的发展,在指标选取上,主要有人口城市化、经济城市化、空间城市化、地域景观城市化、基础设施城市化等。根据现有的研究成果来看,人口、经济、土地和环境规制这四个方面都是城市化的重要构成要素。为了从多方面分析城市化对空气质量的影响,本文的解释变量主要从人口城市化、经济城市化、土地城市化、环境规制的角度进行选取。

(1)人口城市化。人口城市化是指农村人口比重相对减少,城市人口比重相对增加,第一产业人口相对减少,第二、三产业人口相对增加的过程(郭施宏等,2014)。本文参照丁镭(2016)等所选指标,选取市辖区年末总人口数来衡量人口城市化率。此外,本研究还从居民生活集聚与交通出行方式两个方面进行人口城市化的指标选取。选取人口密度来指代城市人口集聚程度,城市人口集聚度的不断上升必然会增加生活燃料的使用量与生活垃圾产生量,这些污染物排放都会对城市空气质量产生一定的影响。据统计,机动车尾气产生的污染物已经成为城市部分空气污染物的主要来源,尤其是路面交通拥堵与空气污染等难题阻碍了城市的可持续性发展。由此,本文选取民用汽车拥有量指标,分析人口城市化中交通对空气质量的影响。

(2) 经济城市化。经济城市化是指人类社会不断从传统的农业社会向工业化社会转变的过程,在此过程中,由于第二、三产业不断发展,国民经济的产业结构将发生转变,从而导致劳动力不断由第一产业向第二、三产业转移(姚成胜,2014)。经济因素一直是研究城市空气污染必不可少的部分,通过经济规模、经济结构以及产业集聚等方面影响着城市空气质量。依据以往研究成果的总结与梳理,参照李佳佳和罗能生(2016)的方法采用城市人均 GDP 来表征经济因素,为了消除通货膨胀带来的作用,本文采用的人均 GDP 是以 2003 年为基期计算的可比价人均 GDP。在人均 GDP 指数处理上,将各年环比指数全部转换为以 2003 年为基期的定基指数,然后进行计算可比价人均 GDP。其次是经济结构方面,根据以往研究结果显示,与第一产业相比,第二产业和第三产业对空气质量影响较直接,而第二产业与第三产业又呈现着此消彼长的特征,基于变量选择的独立性原则,且结合京津冀城市群实际情况,虽然北京已经成为了第三产业为主导的产业结构模式,但天津、河北的第二产业比重仍较大,因此,选取第二产业占 GDP 比重表征经济结构。另外,由于所有具有经济活力的地区都是产业集聚高度发达的地区,且产业集聚与城市经济增长之间存在显著的相关性。关于产业集聚水平的衡量,分别有行业集中度、赫芬达尔指数、空间集聚指数等,这些指数各有优缺点,而原毅军和谢荣辉(2014)、许正松和孔凡斌(2014)、李鹏(2015)用区位熵来衡量产业集聚。本研究以京津冀城市群涉及的 13 个地级市层面的数据进行研究,基于数据可获得性,采用区位熵表示产业集聚程度与水平,可消除区域规模的差异因素。区位熵计算公式为:

$$aggl_{im}(t) = \sum_{m=1}^n \left[\left(\frac{x_{im}(t)}{\sum_{m=1}^n x_{im}(t)} \right) / \left(\frac{x_m(t)}{\sum_{m=1}^n x_m(t)} \right) \right]$$

上式中, $x_{im}(t)$ 为 t 时期 i 地区 $m(m=1,2,3,\dots,n)$ 行业的就业人数, $\sum_{m=1}^n x_{im}(t)$ 为 t 时期 i 地区从业人数总和, $x_m(t)$ 为全国 t 时期 m 行业的从业人数, $\sum_{m=1}^n x_m(t)$ 为全国 t 时期从业人数总和。 $aggl_{im}(t)$ 的值越大,表明城市 i 的产业集聚水平越高。

(3) 土地城市化。土地城市化过程主要表现为建成区面积增加,现有研究大多以城市建成区面积来作为城市规模的代理变量,由于数据的可得性较好且是一个较为综合的指标,因此本文也以建成区面积来衡量城市土地规模。城市布局主要从城市绿化面积和道路建设两个角度考虑。一方面,城市绿化建设采用建成区绿化覆盖率指标来衡量,即城市绿化覆盖率越高,其对空气质量的改善效果越大;另一方面,基于城市道路面积与城市规模之间可能存在严重的多重共线性,本文采用人均城镇道路面积作为衡量指标,一般而言,人均城镇道路面积越大,道路长度越长,城市出行车辆行驶的里程就越多,进而空气污染物排放量也将增加。

(4) 环境规制。环境规制主要是指政府须利用行政手段或其他约束性手段来对造成环境污染的个体经济活动进行调节约束。考虑京津冀城市群数据的可得性并遵守可行性原则,本

文选取烟(粉)尘去除率来考察京津冀区域的环境规制与城市空气质量的关系。

(二) 数据描述与统计分析

本文主要研究我国京津冀城市群城市化对空气质量的影响作用,搜集了人口城市化、经济城市化、土地城市化、环境规制等共 11 个变量,其中,反映空气污染程度的 SO₂、NO₂、PM₁₀ 数据来源于北京、天津及河北的《环境状况公报》与《中国环境质量报告》;城市年末总人口数、人口密度、民用汽车拥有量、人均 GDP、第二产业占比、工业总产值、城市建成区面积、建成区绿化覆盖率、人均城镇道路面积与烟(粉)尘去除率等社会经济指标都来自于《中国城市统计年鉴》《天津统计年鉴》与各市历年《国民经济与社会发展统计公报》。数据时间跨度为 2003-2015 年,且涵盖了京津冀地区 13 个城市,包含北京市、天津市及河北省的石家庄、秦皇岛、唐山、保定、张家口、邯郸、邢台、承德、沧州、廊坊、衡水。表 2 报告了本文主要变量的描述性统计分析。

表 2 样本数据的描述性分析

一级指标	二级指标	单位	平均值	标准差	最小值	最大值	样本数
空气质量	空气污染综合指数(<i>I</i>)	-	3.43	1.01	1.96	7.42	169
人口城市化	城市年末总人口数(<i>pop</i>)	万人	254.3	336.6	30.7	1345.2	169
	人口密度(<i>density</i>)	人/平方公里	2595.6	1795.8	465	11449.3	169
	民用汽车拥有量(<i>car</i>)	辆	794853.1	998934.3	45892	5324000	139
经济城市化	人均 GDP(<i>pgdp</i>)	元	44772.8	24248.4	11373.1	13811.4	168
	第二产业占比(<i>second</i>)	%	50.35	12.31	19.74	77.21	168
	产业区位熵(<i>aggl</i>)	-	0.8	0.05	0.4	1.27	169
土地城市化	城市建成区面积(<i>area</i>)	平方公里	235.17	348.6	27	1597	169
	建成区绿化覆盖率(<i>green</i>)	%	39.75	8.09	92.87	5.55	167
	人均城镇道路面积(<i>road</i>)	平方米	12.98	4.15	5.6	22.79	169
环境规制	烟(粉)尘去除率(<i>smog</i>)	%	95.47	7.03	47.62	99.92	156

(三) 模型的建立

1. 城市化对空气污染影响的静态面板模型

本文利用 2003-2015 年京津冀城市群 13 个城市面板数据,通过构建空气污染综合指数,就各类城市化因素对空气污染产生的效应进行检验。且根据前文的变量选取,将人口城市化、经济城市化、土地城市化及环境规制各自相关变量分别纳入模型中,同时,为了消除变量间可能存在的多重共线性和异方差的问题,模型采用对数形式,其中第二产业占比(*second*)、建成区绿化覆盖率(*green*)、烟(粉)尘去除率(*smog*)均为百分数,由于取对数后没有经济意义,故保留其原值引入模型。

模型(1):

$$\ln I_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln pop_{it} + \beta_4 \ln pgdp_{it} + \beta_7 second_{it} + \beta_8 \ln aggl_{it} + \beta_9 \ln area_{it} + \beta_{10} green_{it} + \beta_{11} \ln road_{it} + \beta_{12} \ln density_{it} + \beta_{13} \ln car_{it} + \beta_{14} smog_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

基于以往研究基础上,为了进一步验证经济城市化、人口城市化与空气质量之间的曲线关系,本文参考 EKC 模型,在模型(1)中分别引入城市年末总人口数、人均 GDP 的二次项与三次项,如下式:

$$\begin{aligned} \ln I_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \ln pop_{it} + \beta_2 (\ln pop_{it})^2 + \beta_4 \ln pgdp_{it} + \beta_7 second_{it} + \beta_8 \ln aggl_{it} + \\ & \beta_9 \ln area_{it} + \beta_{10} green_{it} + \beta_{11} \ln road_{it} + \beta_{12} \ln density_{it} + \\ & \beta_{13} \ln car_{it} + \beta_{14} smog_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \ln I_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \ln pop_{it} + \beta_2 (\ln pop_{it})^2 + \beta_3 (\ln pop_{it})^3 + \beta_4 \ln pgdp_{it} + \beta_7 second_{it} + \\ & \beta_8 \ln aggl_{it} + \beta_9 \ln area_{it} + \beta_{10} green_{it} + \beta_{11} \ln road_{it} + \\ & \beta_{12} \ln density_{it} + \beta_{13} \ln car_{it} + \beta_{14} smog_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \ln I_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \ln pop_{it} + \beta_4 \ln pgdp_{it} + \beta_5 (\ln pgdp_{it})^2 + \beta_7 second_{it} + \beta_8 \ln aggl_{it} + \\ & \beta_9 \ln area_{it} + \beta_{10} green_{it} + \beta_{11} \ln road_{it} + \beta_{12} \ln density_{it} + \beta_{13} \ln car_{it} + \\ & \beta_{14} smog_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \ln I_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \ln pop_{it} + \beta_4 \ln pgdp_{it} + \beta_5 (\ln pgdp_{it})^2 + \beta_6 (\ln pgdp_{it})^3 + \beta_7 second_{it} + \\ & \beta_8 \ln aggl_{it} + \beta_9 \ln area_{it} + \beta_{10} green_{it} + \beta_{11} \ln road_{it} + \beta_{12} \ln density_{it} + \\ & \beta_{13} \ln car_{it} + \beta_{14} smog_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

2. 城市化对空气污染影响的动态面板模型

由于污染物排放往往具有连续、动态调整特征,因此本文采用动态面板模型。且考虑到变量之间的内生性问题,包括解释变量与被解释变量相关、未观测的因素与解释变量相关均会导致估计偏误。因此,采用广义矩估计法(GMM),将被解释变量的滞后项作为工具变量加入模型中较为合适。故对应(2)-(5)模型拓展的动态形式设定为:

$$\begin{aligned} \ln I_{it} = & \beta_0 + \delta_0 \ln I_{it-1} + \beta_1 \ln pop_{it} + \beta_2 (\ln pop_{it})^2 + \beta_4 \ln pgdp_{it} + \beta_7 second_{it} + \\ & \beta_8 \ln aggl_{it} + \beta_9 \ln area_{it} + \beta_{10} green_{it} + \beta_{11} \ln road_{it} + \beta_{12} \ln density_{it} + \\ & \beta_{13} \ln car_{it} + \beta_{14} smog_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \ln I_{it} = & \beta_0 + \delta_0 \ln I_{it-1} + \beta_1 \ln pop_{it} + \beta_2 (\ln pop_{it})^2 + \beta_3 (\ln pop_{it})^3 + \beta_4 \ln pgdp_{it} + \\ & \beta_7 second_{it} + \beta_8 \ln aggl_{it} + \beta_9 \ln area_{it} + \beta_{10} green_{it} + \beta_{11} \ln road_{it} + \\ & \beta_{12} \ln density_{it} + \beta_{13} \ln car_{it} + \beta_{14} smog_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \ln I_{it} = & \beta_0 + \delta_0 \ln I_{it-1} + \beta_1 \ln pop_{it} + \beta_4 \ln pgdp_{it} + \beta_5 (\ln pgdp_{it})^2 + \beta_7 second_{it} + \\ & \beta_8 \ln aggl_{it} + \beta_9 \ln area_{it} + \beta_{10} green_{it} + \beta_{11} \ln road_{it} + \beta_{12} \ln density_{it} + \\ & \beta_{13} \ln car_{it} + \beta_{14} smog_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \ln I_{it} = & \beta_0 + \delta_0 \ln I_{it-1} + \beta_1 \ln pop_{it} + \beta_4 \ln pgdp_{it} + \beta_5 (\ln pgdp_{it})^2 + \beta_6 (\ln pgdp_{it})^3 + \\ & \beta_7 second_{it} + \beta_8 \ln aggl_{it} + \beta_9 \ln area_{it} + \beta_{10} green_{it} + \beta_{11} \ln road_{it} + \\ & \beta_{12} \ln density_{it} + \beta_{13} \ln car_{it} + \beta_{14} smog_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (9)$$

四、实证分析

利用 Stata14.0 软件,首先本文采用普通面板数据模型,根据 Hausman 检验对随机效应模型与固定效应模型的结果可知,固定效应模型更合适(检验 P 值=0.000),具体结果见表 3 与表 4 的模型(2)-(5)。进一步,由于模型(6)-(9)中包含了因变量的滞后项,需要通过一阶差分消除个体效应,但差分后的滞后项仍与干扰项可能存在内生性问题,此时运用普通面板模型估计结果将是有所偏的。因此,运用 Blundell 等构建的系统 GMM 估计人口城市化、经济城市化对城市群空气质量的影响,选取被解释变量的滞后期作为动态面板模型中的工具变量,并用 sargan 检验和残差序列相关检验进行判断,sargan 检验 P 值用于检验工具变量的有效性,AR(1)、AR(2)的 P 值是判断随机扰动项是否存在序列相关。从整体上看,滞后一期、二期的空气污染综合指数均在 5%以上水平上显著为正,这表明京津冀城市群空气污染物浓度确实是一个连续、累积的过程,本文的动态 GMM 设定是有效的。在动态回归结果中,从 AR(1)、AR(2)检验的 P 值可知,人口城市化与经济城市化模型的动态 GMM 回归中的干扰项均不存在一阶、二阶自相关,因此扰动项无自相关。同时,GMM 估计结果的两个模型均通过了 sargan 检验,表明不存在过度识别问题,工具变量是有效的。以上均满足动态 GMM 模型估计条件,模型(6)-(9)的回归结果具有可信度。

(一) 人口城市化与京津冀城市群空气质量

如表 3 结果显示,动态 GMM 回归估计结果要优于静态固定回归结果,且从空气质量滞后一期、二期结果来看,选择动态模型更合适。其中,模型(6)检验结果显示城市人口规模与空气污染综合指数存在显著的动态二次曲线关系;模型(7)在模型(6)的基础上加入城市年末总人口数的三次方变量,即检验人口规模与城市空气污染综合指数之间的动态三次曲线关系,结果显示,城市人口规模与空气污染综合指数存在“倒 N 型”曲线关系,但并不显著。因此,本文选取模型(6)对城市人口规模与空气污染综合指数的关系进行分析。在模型(6)中,城市年末总人口数的一次、二次方检验结果表明,城市人口规模与空气污染综合指数呈现“U 型”曲线关系,意味着当京津冀城市群城市年末总人口数较少时,空气污染将随着城市人口规模的提高而逐渐减轻;而当城市人口规模达到一定程度后,城市人口的继续提高将加剧城市空气污染程度。更确切地说,城市人口规模的扩张并不必然会加剧空气污染程度,且随着生产技术的进步、清洁能源的使用、生产结构的调整以及能源利用效率的提高,拐点还将进一步后延。

表 3 人口城市化模型动态 GMM 回归估计结果

	因变量: 空气污染综合指数 (lnI)			
	静态固定模型		动态模型 (GMM)	
	模型 (2)	模型 (3)	模型 (6)	模型 (7)
L.lnI	-	-	48.5729*** (17.4683)	16.0718*** (5.5311)
L2.lnI	-	-	6.9396** (2.7241)	1.8640** (0.8615)
lnpop	1.1192 (1.7738)	-9.7760 (9.2778)	-289.4353*** (105.4843)	-113.6994** (41.4282)
(lnpop) ²	-0.0934 (0.2161)	2.1096 (1.8542)	33.4710*** (12.2090)	19.7706* (7.3811)
(lnpop) ³	-	-0.1413 (0.1181)	-	-1.0054 (0.3950)
ln <i>density</i>	-0.0284*** (0.0682)	-0.0273*** (0.0686)	0.0048*** (0.3448)	0.0142** (0.6497)
ln <i>car</i>	-0.0038 (0.0131)	-0.0036*** (0.0132)	0.0215*** (0.7694)	0.0048*** (0.1597)
ln <i>gdp</i>	0.0184* (0.1043)	0.0208* (0.1061)	0.0015*** (5.2339)	0.0071*** (2.5486)
<i>second</i>	-0.0061 (0.0048)	-0.0059 (0.0048)	0.0107*** (0.3872)	0.0036** (0.1102)
ln <i>aggl</i>	-0.0267* (0.1337)	-0.0261* (0.1335)	-0.0517*** (1.7776)	-0.0896*** (3.1856)
ln <i>area</i>	-0.0682*** (0.1964)	-0.0668*** (0.1963)	0.0165*** (6.1281)	0.0354*** (1.3770)
<i>green</i>	-0.0016*** (0.0053)	-0.0014** (0.0055)	-0.0027*** (0.0892)	-0.0009*** (0.0271)
ln <i>road</i>	-0.0017 (0.1694)	-0.0013 (0.1945)	0.0021*** (0.8212)	0.0107** (0.5108)
<i>smog</i>	-0.0087*** (0.0031)	-0.0081*** (0.0032)	-0.0335*** (0.0124)	-0.0452*** (0.0164)
常数项	-1.0010*** (1.5692)	4.3179*** (6.1826)	206.8978*** (75.8186)	29.5002** (12.5672)
Hausman 曲线类型	99.79*** 倒 U 型	52.62*** 倒 N 型	- U 型	- 倒 N 型
AR(1)	-	-	0.000	0.000
AR(2)	-	-	0.396	0.695
sargan	-	-	1.000	1.000
R ²	0.1907	0.1449	-	-
样本数	137	137	111	111

注: ***、**和*分别表示在 1%、5%和 10%水平上显著,括号中为稳健标准误。下表同。

根据表3 动态模型的回归结果可得,人口密度这一指标将显著地影响城市空气污染,随着人口密度越大,能源消耗量越多,这将进一步增加城市空气污染物排放量。此外,根据动态模型回归结果可以看出,民用汽车拥有量与城市空气污染呈正相关关系,均通过1%的显著性检验,说明京津冀城市群的民用汽车拥有量对城市空气污染具有显著性影响。随着城市扩张、功能区的逐渐外扩,加速了城市居民日常生活对机动车出行方式的依赖,机动车拥有量呈爆炸式增长,这将产生严重的汽车尾气污染,进一步加剧了城市空气污染程度。

(二) 经济城市化与京津冀城市群空气质量

如表4 结果显示,模型(8)为包含滞后一期、滞后二期的被解释变量、城市人均GDP的二次方变量,即检验城市人均GDP与城市空气污染综合指数之间的动态二次曲线关系;模型(9)在模型(8)的基础上加入人均GDP的三次方变量,即检验以人均GDP表征的经济城市化与城市空气污染综合指数之间的动态三次曲线关系。其中,模型(8)的估计结果显示,主要的解释变量 \lnpgdp 和 $(\lnpgdp)^2$ 均能在1%的水平下显著,说明城市人均GDP与城市空气污染综合指数之间存在显著的动态二次曲线关系,且呈现“U型”。当城市人均GDP低于拐点时,城市经济水平的增长将缓解城市空气污染水平;当城市人均GDP高于拐点时,城市经济的进一步提高将加剧城市空气污染状况。另外,根据模型(9)的估计结果,表明城市人均GDP与城市空气污染综合指数之间也同时存在动态三次曲线关系,且 \lnpgdp 、 $(\lnpgdp)^2$ 、 $(\lnpgdp)^3$ 均通过了1%的显著性检验,呈现“倒N型”曲线关系。从城市人均GDP与城市空气质量“倒N型”曲线的估计结果可得,其拐点分别出现在 \lnpgdp 为1.7824和11.4335,当 $\lnpgdp=1.7824$ 时,可得人均GDP为5.94410元,这与现实不符,因此不取该模型,选择模型(8)。因此,经济城市化与京津冀城市群城市空气污染综合指数选取模型(8)更为合适。

产业结构(*second*)对京津冀城市群空气质量的影响根据表3与表4的动态模型(6)-(9)检验结果显示,第二产业占GDP的比重均通过了5%水平的显著性检验,表明京津冀城市群第二产业比重的增加将显著地加剧城市空气污染程度。产业升级是在加快经济发展与治理生态环境的双重压力下的一个漫长的过程,短期内其效应难以实现。针对京津冀产业升级水平存在较大差异,尤其是河北省的保定、张家口、衡水仍处于传统制造业为主要支柱阶段,这种高耗能、高排放、高污染的企业加剧了第二产业对其空气质量的负向影响。产业集聚(*lnaggl*)对京津冀城市群空气污染的影响根据表3与表4动态模型检验结果显示,城市产业集聚程度通过5%的显著性检验且估计系数为负,表明京津冀地区的产业集聚能够显著地改善城市空气质量,这一观点也得到许多学者们的支持。不可否认,产业集聚过程中企业横向与纵向间的相互联系,促进了污染物与废弃物的循环利用,以及产业集聚区较容易产生知识与技术溢出效应,推动了技术的进步,这些促进了集聚区企业对先进环保生产技术的使用,减少能源消耗量与污染排放量,有利于城市环境质量的改善。

表 4 经济城市化模型动态 GMM 回归估计结果

	因变量: 空气污染综合指数 (lnI)			
	静态固定模型		动态模型 (GMM)	
	模型 (4)	模型 (5)	模型 (8)	模型 (9)
L.lnI	-	-	5.2451 ** (2.1209)	21.6142 *** (6.9931)
L2.lnI	-	-	0.8416 ** (0.3938)	4.8488 *** (1.6349)
lnpgdp	-0.6274 (1.6527)	13.7851 (33.6548)	-181.4230 *** (61.2419)	-59.3781 *** (19.933)
(lnpgdp) ²	0.0363 (0.0766)	-1.3208 (3.1885)	8.4207 *** (2.8334)	19.0544 *** (6.3590)
(lnpgdp) ³	-	0.0429 (0.1005)	-	-0.9509 *** (0.3206)
second	-0.0057 (0.0051)	-0.0061 (0.0051)	0.0098 ** (0.0384)	0.0302 *** (0.0981)
lnaggl	-0.0237 * (0.1276)	-0.0238 * (0.1281)	-0.0168 *** (0.5315)	-0.0621 ** (0.2969)
lnpop	0.0386 (0.3946)	0.0382 (0.3961)	-0.0040 *** (5.5492)	-0.0087 *** (9.9113)
lndensity	-0.0291 *** (0.0676)	-0.0289 *** (0.0680)	0.0020 ** (0.9071)	0.0045 ** (1.6977)
lncar	-0.0031 *** (0.0116)	-0.0031 *** (0.0116)	0.1107 *** (0.0658)	0.0055 *** (0.1896)
lnarea	-0.0668 *** (0.1978)	-0.0668 *** (0.1983)	0.0854 *** (3.0773)	0.1214 *** (4.1227)
green	-0.0015 *** (0.0051)	-0.0015 *** (0.0051)	-0.0011 *** (0.0411)	-0.0021 *** (0.0694)
lnroad	0.0030 (0.1726)	0.0049 (0.1792)	0.0068 ** (2.7205)	0.1948 *** (6.5590)
smog	-0.0061 * (0.0033)	-0.0055 *** (0.0032)	-0.0636 ** (0.0276)	-0.0561 *** (0.0181)
常数项	14.3695 *** (7.5151)	-105.2762 *** (170.0742)	1124.2170 *** (375.7190)	375.1017 *** (246.1329)
曲线类型	U 型	N 型	U 型	倒 N 型
AR(1)	-	-	0.001	0.046
AR(2)	-	-	0.125	0.682
sargan	-	-	1.000	1.000
R ²	0.2134	0.2096	-	-
样本量	137	137	111	111

(三) 土地城市化与京津冀城市群空气质量

首先,表3和表4动态模型结果显示,城市建成区面积(*lnarea*)对京津冀城市群的空气污染具有显著的正向影响,且通过1%水平的显著性检验。进一步表明城市建成区面积对城市空气污染的影响力度较大,是京津冀城市空气污染的重压因素之一。其次,城市建成区绿化覆盖率(*green*)是对城市绿化规模的衡量。根据表3与表4动态模型估计结果可知,符合预期的是城市建成区绿化覆盖率能够显著地改善城市空气质量,这进一步说明我国城市绿化建设不容忽视,对于城市空间布局设计尤其要重视城市绿化建设规模。最后,城市交通道路建设(*lnroad*)也是城市用地规模扩张的主要原因之一,由此本文选取人均城镇道路面积指标考察城市交通道路建设对城市空气污染的影响。根据表3与表4结果表明城市交通道路建设与空气污染水平之间具有明显的正向作用。

(四) 环境规制与京津冀城市群空气质量

表3与表4动态模型结果显示,环境规制(*smog*)对城市空气污染具有显著性影响且其影响系数为负,即京津冀城市群的烟(粉)尘治理强度与政策促进了城市空气质量的改善,空气污染水平随着烟(粉)尘去除率的增加而下降。这一结论验证了环境规制具有正的环境外部性,可能的原因是环境规制对产业升级起有显著的倒逼作用(原毅军、谢荣辉,2014)。当政府出台相关的环境规章制度时,对于污染物排放较多的企业而言,提高其生产成本,有利于淘汰具有较高边际治污成本的行业,也在一定程度上激励企业技术创新,从而有效驱动产业升级。另外,由于京津冀区域的协同减排措施的实施,尤其是各地的燃煤锅炉替代、散煤治理、高排放机动车淘汰以及工业废气排放治理等方面,不断推行清洁生产,清洁能源的使用与清洁生产技术的创新以及排污设备的运行,这些环境规制措施都在正向促进京津冀城市群空气质量的改善。

(五) 结果对比分析

表5选取了表3与表4动态模型(6)-(9)的回归结果进行分析,报告不同维度的京津冀城市群城市化与空气污染综合指数估计系数值、作用方向以及影响程度排序。根据前文分析,得出以下结论:(1)北京、天津的城市年末总人口数与人均GDP均过了拐点,已进入“U型”曲线的右端,即随着城市年末总人口数与人均GDP的增加,城市空气质量水平逐渐下降。(2)根据表5显示,产业集聚程度在人口城市化与经济城市化估计结果中的影响程度分别排第二和第五,意味着提高产业集聚水平是京津冀城市群城市空气污染程度下降的主要原因之一。(3)由于京津冀城市群其城市化水平普遍高于我国其他城市,其产业结构较为优化,第二产业占比较小,虽然其第二产业占比对城市空气污染具有显著的正向影响,但其影响系数较小,在10个影响因素中排名为第六,表明第二产业不断向技术化、信息化方向发展,对其空气质量的影响逐渐降低。(4)人口城市化中,交通出行对京津冀城市群空气质量的作用较大,其

排名分别为第四和第二。尤其是北京、天津这样人口聚集的超大城市面对巨大的交通需求,民用汽车拥有量的增长迅猛,其交通拥堵现象严重,由此引发的能源效应、空气污染问题日益凸显。(5)值得注意的是,人口城市化中的人口密度对京津冀城市群空气污染的影响排序分别为第七和第八,说明虽然城市人口密度的增加会降低城市空气质量水平,但其作用力度较小。(6)土地城市化中,基于城市土地资源与环境容量的限制,京津冀城市群的城市用地规模过度扩张将加剧城市空气污染程度。另一方面,城市建成区面积的扩张和道路建设使得城市出行更加依赖于机动车出行方式,形成恶性循环。(7)在土地城市化变量中,城市绿化覆盖率在 10 个影响因素中排名分别为第八和第九,说明虽然城市建成区绿化能够优化环境质量,但其作用力度仍未完全发挥。(8)对比其他影响因素,京津冀城市群的环境规制对改善城市空气质量的作用愈加明显。京津冀城市群的空气质量治理一直是我国大气污染治理的重要任务,其环境规制力度不断加大,将有助于城市空气质量的改善。

表 5 不同维度城市化对城市空气质量影响的估计结果

	人口城市化			经济城市化		
	估计系数	作用方向	影响程度排序	估计系数	作用方向	影响程度排序
<i>lnpop</i>	-289.4353***	U 型	1	\	\	\
$(lnpop)^2$	33.4710***			\	\	\
<i>lnpgdp</i>	\	\	\	-181.4230***	U 型	1
$(lnpgdp)^2$	\	\	\	8.4207***		
<i>second</i>	0.0107***	+	6	0.0098**	+	6
<i>lnaggl</i>	-0.0517***	-	2	-0.0168***	-	5
<i>lnarea</i>	0.0165***	+	5	0.0854***	+	3
<i>green</i>	-0.0027***	-	8	-0.0011***	-	9
<i>lnroad</i>	0.0021***	+	9	0.0068**	+	7
<i>lndensity</i>	0.0048***	+	7	0.0020**	+	8
<i>lncar</i>	0.0215***	+	4	0.1107***	+	2
<i>smog</i>	-0.0335***	-	3	-0.0636**	-	4

五、结论与政策建议

本文采用 2003–2015 年京津冀 13 个城市的面板数据与空气污染数据,从人口、经济、土地以及环境规制四个维度考察京津冀城市群城市化对空气质量产生的影响。可以得到以下结论与政策建议:

第一,京津冀城市群的大部分城市人口规模已进入“U 型”曲线的右端,即城市人口规模

与空气污染水平之间呈显著的正相关关系。因此,应充分发挥京津冀人才资源优势,提高公众环保意识,大力发展公共交通,促进城市可持续发展。同时,京津冀城市群的汽车使用带来的大量有害尾气排放逐渐成为工业污染之外城市空气污染的重要源头,应积极发展公共交通,不断丰富公共交通工具的多样性,满足通勤者需求。

第二,京津冀城市群的空气质量随着经济的增长而显著下降,可见转变经济发展方式仍是京津冀城市化过程中的主要任务。其中,产业结构中的第二产业比重将加重城市空气污染程度,尤其是河北省城市的第二产业比重仍较大,而产业集聚现象能够有效改善京津冀城市群空气质量。由此可见,转变当前的经济发展方式尤为重要。为此,北京应引导产业向金融、信息技术等污染排放量较小的行业转移,并充分发挥其高人力资本水平优势,支持知识服务型产业发展,实现产业结构再优化;其次,大力推动天津市高科技制造业与新型服务业发展,促进能源消费结构转变,以技术带动发展;最后,基于河北省第二产业占比较重的现象,应进一步对传统产业进行转型、升级,提高各产业的技术创新水平。

第三,加强产业集聚的引导与培育,以京津冀城市群产业集聚为主线,充分发挥天津、河北资源优势,不断推进京津冀城市群产业聚集的规模化、高值化、集约化、生态化发展,全面提升京津冀城市群工业绿色发展水平。坚持技术创新,建立技术创新各类载体和平台,与大学、科研机构、大型企业等联合,共同应对产业发展中的技术瓶颈,提升创新驱动发展能力,加强先进技术运用与推广,提高高附加值产品比例,优化产业集聚水平。

第四,京津冀城市群空气质量与土地城市化因素具有显著性影响,其中城市用地规模、交通用地规模的扩张均将加剧城市空气污染状况,城市绿化规模能够有效缓解城市空气污染。由此可见,合理控制城市用地规模、科学规划城市道路建设,对缓解京津冀城市群空气质量压力、构建城市群生态体系具有重要意义,首先,对于北京,应有序疏散北京非首都功能,提升首都核心功能,通过严格控制城市用地规模以解决“大城市病”问题;其次,发挥京津两地高端引领与辐射带动作用,重点提高石家庄、唐山、保定、邯郸、张家口、承德、廊坊、秦皇岛、沧州、邢台、衡水等节点城市的综合承载能力和服务能力,有序推动京津两地产业和人口迁移,以京津地区带动河北,以产业促进城市规模转移,加快形成一个功能完善、生态宜居、绿色低碳的城市群发展道路。

第五,在环境规制方面,空气污染的经济属性决定了单纯依靠市场的力量无法达到预期效果,而京津冀城市群的环境规制能够对空气质量产生显著改善作用。因此,需要进一步加大管控力度,提高环境规制政策科学性。首先,应进一步完善环保立法,应针对污染物、污染行为,利用法律形式对行为主体进行约束,并运用经济政策工具,增加污染行为的成本,以激励企业从源头治理,实施进一步的减排行为,如采取更清洁的生产过程、更先进的减排技术。其次,要积极引导公众参与环境规制政策制定、实施、监督以及保障机制等工作,拓宽公众参

与的渠道与平台,集聚人才,提高环境规制政策科学性的同时引导公众在空气污染治理过程中进行问题反思,汲取经验教训。

第六,实现治污资源共享,促进跨区域协同治理。跨区域协同治理是京津冀城市群发展的内在要求,也是必然选择。着眼于京津冀协同发展的大背景与生态环境治理全局下,京津冀三地的发展水平与产业结构存在明显差距,这决定了各地的治理资源、技术、资金等方面存在差异,因此需要基于京津冀区域利益协调机制下,设立协同治理机构,统一调配资源、筹集资金,实现资源的最优配置。一方面,在京津冀城市群空气污染治理资金方面,应建立三地政府资金补助机制、专项补偿基金,同时,根据各地不同的空气污染治理成本,按照受损方应得补偿、受益方应提供补贴的原则建立生态补偿机制;另一方面,建立京津冀城市群信息共享机制,信息畅通是京津冀城市群空气质量得以改善的重要基础,其包括跨区域的地方信息系统、污染物监测系统、信息公布系统、信息反馈平台等。进而,在京津冀区域实施大气污染信息的网格化管理,切实落实责任,将空气污染防治任务遍布京津冀每一个角落。京津冀城市群空气污染治理资源共享机制的建立,促进了区域统一的环境治理资金、政策、标准等深度融合,为京津冀城市群空气质量改善提供坚实的基础。

参考文献:

- [1]陈建军,胡晨光.产业集聚的集聚效应——以长江三角洲次区域为例的理论和实证分析[J].管理世界,2008,(6):68-83.
- [2]陈平,赵淑莉,范庆.解析日本空气环境质量标准体系[J].环境与可持续发展,2012,37(4):74-79.
- [3]丁镭.中国城市化与空气环境的相互作用关系及EKC检验[D].武汉:中国地质大学,2016.
- [4]董直庆,蔡啸,王林辉.技术进步方向、城市用地规模和环境质量[J].经济研究,2014,(10):111-124.
- [5]杜雯翠,冯科.城市化会恶化空气质量吗?——来自新兴经济体国家的经验证据[J].经济社会体制比较,2013,(5):91-99.
- [6]郭施宏,王富喜,高明.山东半岛人口城市化与土地城市化时空耦合协调关系研究[J].经济地理,2014,34(3):72-78.
- [7]韩楠,于维洋.中国产业结构对环境污染影响的计量分析[J].统计与决策,2015,(20):133-136.
- [8]李斌,李拓.中国空气污染库兹涅茨曲线的实证研究——基于动态面板系统GMM与门限模型检验[J].经济问题,2014,(4):17-22.
- [9]李佳佳,罗能生.城市规模对生态效率的影响及区域差异分析[J].中国人口·资源与环境,2016,26(2):129-136.
- [10]李鹏.产业结构调整与环境污染之间存在倒U型曲线关系吗?[J].经济问题探索,2015,(12):56-67.
- [11]李伟娜,杨永福,王珍珍.制造业集聚、大气污染与节能减排[J].经济管理,2010,(9):36-44.
- [12]李茜,宋金平,张建辉,于伟,胡昊.中国城市化对环境空气质量影响的演化规律研究[J].环境科学学报,2013,33(9):2402-2411.
- [13]李勇刚,张鹏.产业集聚加剧了中国的环境污染吗?——来自中国省级层面的经验证据[J].华中科技大学学报(社会科学版),2013,(5):97-106.
- [14]刘习平,盛三化.产业集聚对城市生态环境的影响和演变规律——基于2003—2013年数据的实证

研究[J]. 贵州财经大学学报,2016,(5):90-100.

[15] 马素琳,韩君,杨肃昌. 城市规模、集聚与空气质量[J]. 中国人口·资源与环境,2016,26(5):12-21.

[16] 孙坤鑫,钟茂初. 环境规制、产业结构优化与城市空气质量[J]. 中南财经政法大学学报,2017,(6):63-72.

[17] 宋翔宇,谢绍东. 中国机动车排放清单的建立[J]. 环境科学,2006,27(6):1041-1045.

[18] 谭娟,陈晓春. 基于产业结构视角的政府环境规制对低碳经济影响分析[J]. 经济学家,2011,(10):91-97.

[19] 唐昀凯,刘胜华. 城市土地利用类型与 $PM_{2.5}$ 浓度相关性研究——以武汉市为例[J]. 长江流域资源与环境,2015,24(9):1458-1463.

[20] 王菲,董锁成,毛琦梁,黄永斌,李俊. 宁蒙沿黄地带产业结构的环境污染特征演变分析[J]. 资源科学,2014,36(3):620-631.

[21] 王桂新,武俊奎. 产业集聚、城市规模与碳排放[J]. 工业技术经济,2012,(6):68-80.

[22] 王丽. 汽车消费和空气污染相关性的面板数据分析[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24(2):462-466.

[23] 王敏,黄滢. 中国的环境污染与经济增长[J]. 经济学(季刊),2015,(2):557-578.

[24] 王树功,周永章,麦志勤,金辉. 城市群(圈)生态环境保护战略规划框架研究——以珠江三角洲大城市群为例[J]. 中国人口·资源与环境,2003,13(4):51-55.

[25] 万建军,李扬如. 国际贸易、产业结构对环境污染的影响——基于面板数据动态 GMM 模型[J]. 北京化工大学学报(社会科学版),2014,(3):41-46.

[26] 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.

[27] 吴振信,闫洪举,张雪峰. 基于 SpSVAR 模型的区域产业结构与大气污染互动研究[J]. 商业研究,2016,62(3):18-23.

[28] 许瀛元. 北京近年空气污染与汽车保有量的关系[D]. 哈尔滨:哈尔滨师范大学,2014.

[29] 许正松,孔凡斌. 经济发展水平、产业结构与环境污染——基于江西省的实证分析[J]. 当代财经,2014,(8):15-20.

[30] 徐中民,程国栋,邱国玉. 可持续性评价的 ImPACTS 等式[J]. 地理学报,2005,60(2):198-208.

[31] 姚成胜. 城市化进程中的粮食安全变化研究:以中部地区为例[M]. 北京:社会科学文献出版社,2014.

[32] 杨仁发. 产业集聚、外商直接投资与环境污染[J]. 经济管理,2015,(2):11-19.

[33] 原毅军,谢荣辉. 环境规制的产业结构调整效应研究——基于中国省际面板数据的实证检验[J]. 中国工业经济,2014,(8):57-69.

[34] 张可,豆建民. 集聚对环境污染的作用机制研究[J]. 中国人口科学,2013,(5):105-116.

[35] 周文华,王如松,张克. 人类活动对北京空气质量影响的综合生态评价[J]. 生态学报,2005,25(9):2214-2220.

[36] 张小曳,孙俊英,王亚强,李卫军,张蕾,王炜罡,权建农,曹国良,王继志,杨元琴,张养梅. 我国雾霾成因及其治理的思考[J]. 科学通报,2013,58(13):1178-1187.

[37] Duan, F., L. T. Yu, and H. Cachier. Identification and Estimate of Biomass Burning Contribution to the Urban Aerosol Organic Carbon Concentrations in Beijing[J]. Atmospheric Environment, 2004, 38(9): 1275-1282.

[38] Fan, C. C. and A. J. Scott. Industrial Agglomeration and Development: A Survey of Spatial Economic Issues in East Asia and a Statistical Analysis of Chinese Regions[J]. Economic Geography, 2003, 79(3): 295-319.

- [39] Grossman, G. M. and A. B. Krueger. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement[J]. The Mexico-US Free Trade Agreement, 1993, 8(2): 223-250.
- [40] Henderson, V., A. Kuncoro, and M. Turner. Industrial Development in Cities[J]. Journal of Political Economy, 1995, 103(5): 1067-1090.
- [41] Faamd, L., N. Moussiopoulos, P. Sahm, and A. Bartonova. Urban Air Quality in Larger Conurbations in the European Union[J]. Environmental Modelling & Software, 2001, 16(4): 399-414.
- [42] Selden, T. M. and D. Song. Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions? [J]. Journal of Environmental Economics & Management, 2004, 27(2): 147-162.
- [43] Verhoef, E.T. and P. Nijkamp. Externalities in Urban Sustainability: Environmental Versus Localization-type Agglomeration Externalities in a General Spatial Equilibrium Model of a Single-sector Monocentric Industrial City[J]. Ecological Economics, 2002, 40(2): 157-179.

The Influence of Urbanization on Air Quality: A Case of Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration

Gao Ming and Guo Feng

(Economics and Management School of Fuzhou University)

Abstract: The urban air pollution in the Beijing-Tianjin-Hebei region has become increasingly serious, and the impact of urbanization on air quality cannot be ignored. This paper uses panel data and air quality data from 13 cities of Beijing-Tianjin-Hebei in 2003-2015, and uses a dynamic panel model to examine the impact of urbanization on air quality in different dimensions of population size, economy, land, and environmental regulation. The population size and air pollution of the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration showed a "U-shaped" curve; the urban population density and the number of civil cars owned and the air pollution were positively correlated. There is a significant dynamic quadratic curve relationship between urban per capital GDP and urban air pollution, and presents a "U" type; the development of the secondary industry still has significant a positive impact on its air pollution. The urban built-up area and the construction of urban traffic roads have a positive impact on the air pollution; the green coverage rate of urban built-up areas has a negative impact on the air pollution. Institutional arrangements have a significant negative correlation with urban air pollution. Therefore, the development of public transportation, transformation of economic development mode, reasonable control of urban land use scale and planning of urban road construction will effectively improve air quality. The establishment of a mechanism to share pollution resources will promote cross-regional cooperative governance, thus providing a solid foundation for the improvement of air quality in the Beijing-Tianjin-Hebei city cluster.

Keywords: Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration; Urbanization; Air Quality

JEL Classification: F205

(责任编辑:卢玲)