

城市经济增长对空气质量的影响

——基于省会城市面板数据的分析

杨肃昌 马素琳

(摘 要) 建立了城市发展对空气质量的影响因素模型,分析了我国 30 个省会城市和直辖市 2003-2012 年间的非平衡面板数据。结果显示,城市的经济增长与空气质量的关系总体上呈倒 U 型关系,符合环境库兹涅茨曲线假说;城市产业结构对空气质量的影响是正向的;城市公共交通因素对空气质量的影响总体上是显著的;城市人口密度的增加总体上会降低空气质量;无论在全国层面还是区域层面,城市绿化因素的作用均不显著。

(关键词) 空气质量;城市发展;面板非平衡数据;EKC 模型

(中图分类号) X22

(文献标识码) A

一 引言

根据国家统计局发布的数据,2014 年,我国的城市化率已达到 54.77%,城市快速发展带来的空气质量急剧恶化问题日益严重,雾霾、灰霾等气象灾害不断在我国大部分城市肆虐。亚洲开发银行和清华大学发布的《中国国家环境分析报告(2012)》显示:2012 年,全球十大空气污染最严重的城市中,中国有 7 个;全国 500 个城市中,空气质量达到世界卫生组织推荐标准的不足 5 个;基于疾病成本估算,中国的空气污染每年造成的经济损失相当于国内生产总值的 1.2%,而基于支付意愿的估算则高达 3.8%^[1]。为此,我国颁布了新的《环境空气质量标准》,并从 2013 年 1 月 1 日起对京津冀、长三角、珠三角区域及直辖市、省会城市和计划单列市等

74 个城市使用新的空气质量标准进行空气质量监测并发布报告。根据国家环境保护部发布的《城市空气质量状况》,2015 年第一季度,74 个城市空气质量达标天数比例平均为 59.7%,平均超标天数比例为 40.3%。其中,轻度污染天数比例为 23.3%,中度污染天数比例为 9.4%,重度污染天数比例为 6.4%,严重污染天数比例为 1.2%。据调查,超过八成的北京、上海、广州居民认为空气污染已严重影响生活,空气质量的优劣已经成为居民判断城镇化效果、城市宜居程度的重要标准之一。党的十八大报告、“十二五”规划纲要以及 2012 年中央经济工作会议均就城镇化质量提出明确要求,这意味着我国经济不能再单纯追求总量上的城镇化,还应该注重城市发展的质量,应当注重经济社会与自然环境的协调发展,力求每一个城市都能成为宜居城市^[2]。

本研究基于我国省会城市及直辖市(含 4 个直

(作者简介) 杨肃昌(1964—),男,河南邓州人,兰州大学经济学院教授,博士研究生导师,研究方向为环境审计与区域经济;马素琳(1987—),女,甘肃广河人,兰州大学经济学院博士研究生,研究方向为环境审计与区域经济。

(收稿日期) 2015-06-03

(修回日期) 2015-07-07

辖市及除拉萨市以外的其他省会城市,共 30 个城市) 2003 - 2012 年的面板数据,分析城市经济社会发展对空气质量的影响,并按照所在区域的不同对省会城市经济社会发展对空气质量的影响进行分区域分析。总体而言,城市的经济增长与空气质量的关系呈倒 U 型关系,符合环境库兹涅茨曲线假说。产业结构比例的变化对空气质量的影响是正向的,较多使用公共交通会对空气质量有显著的改善作用,城市人口密度的增加会使空气质量出现不同程度的恶化,城市绿地建设尚未对空气质量的改善发挥应有的作用(由于面积小且不集中等原因)。

本研究尝试突破以往利用 EKC 模型单纯研究环境污染与经济增长关系的模式,一方面寻找多方面的因素分析经济发展对环境污染的影响,另一方面,突破以往研究中仅使用环境污染指标(负向指标)来描述 EKC 曲线的方法,尝试利用空气质量(正向指标)来分析经济与环境的关系。就决策层面而言,本研究发现,产业结构、交通、人口及城市绿化对城市空气质量的作用,可为城市各项政策的制定提供一定的依据。

二 文献回顾

关于经济增长与环境污染的关系,国外经济学界已在 20 世纪 90 年代初期开始进行研究。最早研究环境污染与经济增长关系的学者是高斯曼(Grossman)和克鲁格(Krueger),他们于 1991 年就二氧化硫、微尘和悬浮颗粒三种污染物研究了环境质量与收入之间的关系^[1],并用人均收入变化的三类效应来解释 EKC 的出现:经济发展意味着更大规模的经济活动与资源需求量,因而对环境产生负面的规模效应,但同时经济发展又通过正向的技术进步(如更为环保的新技术的使用)效应以及结构效应(如产业结构的升级与优化)减少了污染排放,改善了环境质量,这三类效应共同决定了环境质量与经济发展之间的倒 U 型曲线关系^[2]。在高斯曼和克鲁格之后,许多文献对环境—收入之间的关系进行了进一步的检验。通过文献研究发现,早期的 EKC 经验研究主要采用截面数据或多国面板数据,以各种污染物指标作为被解释变量、以收入水平作为解释变量进行估计,进而验证各种环境污染物与收入水平之间是否存在“倒 U 型”关系,以及存在“倒 U 型”关系时转折点处的“人均 GDP”值。这一时期对 EKC 曲线的经验分析采用了不同的统计方

法,选择了不同的环境指标和数据,并且得到了大量的经验结果以及很多相互矛盾的解释^[3]。

国内学者研究空气质量与城市发展的关系也均以 EKC 模型为基础。池建宇、张洋等以空气质量达标天数作为被解释变量,使得研究更具综合性。其研究发现,我国省会城市、直辖市的空气质量随着经济的发展有较小程度的改善,城市的经济发展水平对城市空气质量水平并不具有决定性作用;影响城市空气质量的最主要因素来自城市自身及其周边地区的工业排放物^[4]。郭施宏、高明等基于《中国城镇化质量报告》对我国城市城镇化质量的评价结果和按新环境空气质量标准测度的全国 73 个主要城市的环境空气质量综合指数,通过协调度计算公式计算二者的协调度,对 73 个主要城市的空气质量与城镇化质量的协调水平进行了评价,认为大部分城市的空气质量与城镇化质量的协调水平处于中度协调和勉强协调,在空间分布上呈现以京津冀地区为圆心的环状分布,越接近圆心协调度越差,空气质量指数和城镇化质量指数相关关系不强,73 个城市的空气质量与城镇化质量的匹配度较低^[5]。王芳通过对 2003 - 2011 年我国内地 31 个省份的人均二氧化硫排放量及宏观经济、人口等数据的实证分析发现,经济的快速发展确实是造成我国大气污染的最主要原因之一,而曾经由人口总量增长所造成的环境压力已逐渐消失,城镇化对大气污染的影响具有 U 型的非线性特点^[6]。王兴杰、谢高地等以第一阶段实施新空气质量标准的 74 个城市为例,基于输出导向的数据包络分析模型,以经济和人口指标为输入,以城市环境空气质量指数为输出,计算城市经济增长和人口集聚的整体效率,表征经济增长和人口集聚对城市环境空气质量的影响^[7]。张丽采用层次分析法,选取空气质量评价因子,确定 PM₁₀、二氧化硫、二氧化氮为城市空气质量评价指标并计算了空气质量综合指数,通过计算污染分担率研究了 25 个环保重点城市的空气质量和经济增长的关系^[8]。张喆、王金南、杨金田等通过对全国 46 个环境保护重点城市 1990 - 2003 年空气质量与人均 GDP 的分析,根据城市空气质量与经济发展水平之间的曲线关系,认为我国重点城市的经济发展在一定程度上仍然是建立在环境污染的基础之上的,并发现城市空气环境质量的变化与经济发展的关系在很大程度上取决于政策取向^[9]。

综上,以往经典的 EKC 模型的被解释变量均选择环境污染指标,且多以含有人均收入的一次项和

二次项为主要解释变量。最近的研究虽选择了空气质量等综合性指标,但仍然以研究空气质量和人均收入的简单关系为主要研究内容,很少涉及经济发展中的其他因素。鉴于此,本研究选择空气质量这一综合性指标为被解释变量,并在主要解释变量中加入人均收入的三次项,以使二者的拟合曲线更贴近现实。同时加入有关产业结构、城市交通、人口密度、城市绿化等控制变量,综合分析城市发展与空气质量的关系。

三 实证模型构建与拓展

1. 空气质量与城市发展关系研究的基准模型

目前,EKC 模型的形式主要以对数多项式模型为主,解释变量主要为人均 GDP 的一次项、二次项和三次项以及其他控制变量。但是,除了含人均 GDP 三次项的模型在样本区间内拟合得较好外,一次模型和大部分二次模型曲线在样本区间内就已远远偏离了样本点^[14]。因此,本研究在含有人均 GDP 的一次项到三次项的 EKC 模型的基础上加入一组控制变量来分析产业结构、城市公共交通、城市人口及城市绿化对空气质量是否有影响;如果有,将会是怎样的影响方式。

首先,建立空气质量与经济增长关系的基准模型:

$$\ln E_{it} = \alpha + \beta_1 (\ln Y_{it}) + \beta_2 (\ln Y_{it})^2 + \beta_3 (\ln Y_{it})^3 + \beta_4 Z_{it} + \mu_{it}$$

式中,第 i 个城市第 t 期的空气质量的对数 $\ln E_{it}$ 被写成了人均 GDP 的对数 $\ln Y_{it}$ 、人均 GDP 对数的平方项 $\ln^2(Y_{it})$ 和人均 GDP 的立方项 $\ln^3(Y_{it})$ 以及一组城市层面的控制变量 Z_{it} 的函数。基准模型的被解释变量是空气质量,即在特定年份特定省会城市的空气质量水平。

人均收入等经济因素及其变化对空气质量的影响是本研究关注的核心问题。人均收入的增加在某些时点上表现为对空气质量的负效应,同时,又在另外一些时点上表现为对空气质量的正效应,这一般取决于经济发展所处的阶段及其生产方式。这样的正负效应共同使 EKC 曲线形成了 U 型、倒 U 型、N 型及倒 N 型等多种形式。但在本研究中,被解释变量“空气质量”是个正向指标,不同于大多数学者所选的“环境污染”这一负向指标,所以本研究和其他文献的同一曲线形式在实际含义上可能恰好是相反的。为了便于对比分析,本研究在实证检验中将其

予以还原。

2. 考虑城市发展因素的模型拓展

在城市层面,构建模型选取了一些可能影响空气质量的特征变量。

首先,产业结构对空气质量有一定的影响。从理论上讲,第二产业产值比重与空气质量存在负相关关系,第三产业产值比重与空气质量存在正相关关系,即较低的第二产业产值比重和较高的第三产业产值比重会提高空气质量水平,但结果是否如预期的这样呢?尚需要实证检验。

其次,交通工具的使用也是影响空气质量的重要社会因素。城市居民使用的是公共交通工具还是私人交通工具对空气质量有着重要的影响。一方面,公共交通工具的较多使用可以减少气体污染物的排放,提高空气质量;另一方面,私家车的使用会增加气体污染物的排放,降低空气质量。由于城市数据的可得性限制,仅将公共交通工具的使用情况引入模型,从一个方面反映交通工具使用情况对空气质量的影响。

第三,人口对环境的压力是毋庸置疑的,近半个世纪以来的世界人口剧增给全球大气环境造成的污染有目共睹。与人口规模相比,人口密度更能反映城市人口对环境的压力。人口密度的增加会直接导致生产和生活领域所产生的气体污染物排放的增加。例如,工厂可能会因为充足的劳动力供给和旺盛的市场需求而增加生产,从而产生包括废气在内的各类污染物;城市供暖、供电设备以及城市机动车辆均会由于人口密度的增加排放更多的气体污染物。

第四,空气质量的好坏不仅取决于气体污染物的排放,还取决于城市环境对气体污染物的吸纳能力。而城市环境对气体污染物的吸纳能力除了环境自身的“自净能力”外,主要依靠城市绿化的建设来完成。考虑到 30 个城市数据的可比性,本研究选择城市建成区的绿化覆盖率来表示城市对气体污染物的吸纳能力。

基于以上分析,可以把基本模型具体化为以下形式:

$$\ln E_{it} = \alpha_i + \beta_1 (\ln Y_{it}) + \beta_2 (\ln Y_{it})^2 + \beta_3 (\ln Y_{it})^3 + \beta_4 SG_{it} + \beta_5 TC_{it} + \beta_6 \ln B_{it} + \beta_7 \ln D_{it} + \beta_8 GR_{it} + \mu_{it}$$

式中, Y 代表人均 GDP, SG 代表第二产业占 GDP 比重, TC 代表第三产业占 GDP 比重, B 代表每万人拥有汽电车辆数, D 代表人口密度, GR 代表建成区绿化覆盖率。为了消除原始数据的异方

差异性,对所有变量取自然对数,用 $\ln$ 表示。由于比例数据平稳性较好,且其取对数后没有经济意义^[1],因此,式中所有的百分比比例数据都没有取对数。

四 空气质量与城市发展关系的实证检验

1. 数据来源与变量说明

本研究的样本为 2003–2012 年我国 30 个省会城市和直辖市的年度非平衡面板数据。按照各城市所在省份的区域划分,将样本划分为东部 12 城市:沈阳、北京、天津、石家庄、济南、南京、上海、杭州、广州、福州、南宁、海口;中部 9 城市:呼和浩特、长春、哈尔滨、太原、郑州、南昌、长沙、武汉、合肥;西部 9 城市:成都、重庆、昆明、贵阳、西安、兰州、银川、乌鲁木齐、西宁。空气质量数据来源于《中国统计年鉴》,城市层面的经济增长变量、产业结构以及城市发展变量等数据来源于中经网数据库、各省统计年鉴、《中国城市统计年鉴》、前瞻网数据库以及国家统计局网站。

以往的研究多选取二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、 PM_{10} 、烟尘、粉尘等各类污染物在空气中的浓度或者污染物排放量等指标来衡量环境污染变量,但二氧化碳的排放是没有直接测量数据的,学者们或运用世界上一致公认的碳排放测算公式来测算大致的二氧化碳排放数据,或选择自行测定的特定区域、特定时间段的碳排放数据(后者更适合于自然科学的相关研究)。直接引用已公布的污染物浓度或者排放量数据(如二氧化硫、烟尘、粉尘数据)进行分析的方法也存在缺陷,即只是单独考虑了污染物的浓度或者排放,而没有考虑不同区域在不同时间段对污染物不同的吸纳、扩散稀释能力。比如在我国北方,由于气象条件的不利,冬春季节空气质量要差于夏秋季节。另外,以往研究选取的污染物排放量或者污染物浓度指标都是负向指标,本研究认为,可以选取一个正向指标来研究空气与经济发展的关系。如从人们最直观的感受出发,用空气质量这个综合了污染物排放和污染物吸纳相互作用之后的指标作为被解释变量,来研究空气质量与城市发展的关系,这种方法比较合理也较为全面。为消除原始数据的异方差性,对模型两边除百分比比例以外的数据均取自然对数(比例数据平稳性好,且取对数后较难解释实际含义,因

此,选择空气质量达到及好于二级的天数的自然对数作为空气质量指标)。

借鉴已有研究的经验,选择以 2003 年不变价格计算的人均实际 GDP 的自然对数($\ln Y$)作为经济增长变量。为了观察选取空气质量这一正向指标作为环境变量后 EKC 曲线的形状,研究中加入其平方项($\ln Y^2$)和立方项($\ln Y^3$)。加入平方项是为了观察空气质量与城市经济发展是否呈 U 型或倒 U 型关系,加入立方项是为了观察二者之间是否呈 N 型和倒 N 型关系。由于本研究选用的是正向指标,同样形式的曲线其实际含义可能与选用负向指标的曲线实际含义正好相反。

在城市发展的个体特征控制变量方面,本研究用第二产业占 GDP 比重(SG)和第三产业占 GDP 比重(TG)来反映各城市不同的产业结构,以每万人拥有的公共汽车辆数的自然对数($\ln B$)来衡量城市公共交通工具的使用对空气质量的影响,将各城市人口密度的自然对数($\ln D$)作为各城市人口对空气质量影响因素的代理变量来反映城市人口压力,用各城市市辖区建成区绿化覆盖率(GR)来反映城市绿地对污染气体的吸纳能力。

实证研究的变量及其来源见表 1,变量的描述性统计结果见表 2。进行两项单位根检验(LLC 和 Fisher-ADF)后发现各变量在 1% 显著性水平上均为平稳序列(表略),因此排除了模型出现“伪回归”的可能,且说明空气质量与城市发展各因素之间存在长期的均衡关系。

表 1 变量说明与数据来源

变量标识	变量名称	数据来源
E	空气质量达到及好于二级天数(天)	中国统计年鉴
Y	人均 GDP(元/人)	各省统计年鉴
SG	第二产业占 GDP 比重(%)	中经网
TG	第三产业占 GDP 比重(%)	中经网
B	每万人拥有公共汽电车(辆)	中经网
D	人口密度(人/平方公里)	中经网
GR	建城区绿化覆盖率(%)	中经网

注: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。其中,沈阳市、石家庄市、太原市、南京市、杭州市、合肥市、福州市、济南市、武汉市、海口市、贵阳市、昆明市、拉萨市、银川市、乌鲁木齐市的数据缺失,由所在省的数据代替;郑州市 2005 年、成都市 2004 年的数据缺失,分别由河南省 2005 年、四川省 2004 年指数代替;湖北省 2012 年指数缺失,由前 9 年数据的平均值代替。对所有数据在进行了四舍五入之后只保留两位小数。

表 2

变量的描述性统计

变量	均值	标准差	最小值	最大值	观测值
E	310.50	37.20	181	366	296
Y	26940.59	9831.741	9667.00	59080.00	296
SG	42.85	8.01	19.61	58.71	296
TG	54.84	7.95	37.95	78.66	296
B	12.03	3.75	4.16	22.90	296
D	1647.84	1329.093	223.31	11449.30	296
GR	37.24	7.14	18.10	70.30	296

2. 计量结果分析

本研究采用 Eviews8.0 软件对面板数据分别进行固定效应和随机效应回归,并通过 Hausman 检验结果确定选择使用固定效应模型进行回归,结果见表 3。

表 3 第 1 列中将人均 GDP 的自然对数及其平方项和立方项 ($\ln Y$ 、 $\ln^2 Y$ 和 $\ln^3 Y$) 作为解释变量进行简单回归,结果显示, $\ln Y$ 的估计系数为正, $\ln^2 Y$ 的估计系数为负, $\ln^3 Y$ 的估计系数为正,即环境库兹涅茨曲线存在,且曲线形式为倒 N 型。第 2 列中加入第二产业产值比重 SG 和第三产业产值比重 TG 两个变量进行回归, $\ln Y$ 、 $\ln^2 Y$ 和 $\ln^3 Y$ 三项的估计系数与第一列相同,说明加入这两个变量后不改变 EKC 曲线的基本形状,同时,SG 和 TG 的估计系数为正,并均在 1% 水平上显著,即第二产业产值比

重的增加和第三产业产值比重的增加对空气质量均有正向作用。具体来看,第二产业产值比重每增加 1%,空气质量好于二级的天数就会增加 0.0180%;第三产业产值比重每增加 1%,空气质量好于二级的天数就会增加 0.0238%。也就是说,第三产业产值比重的增加更能提高空气质量,这一结果符合预期。以往的文献中已有结论显示,第二产业的发展对环境的作用是正向还是负向,在一定程度上取决于环境与经济增长之间的关系处于什么阶段。例如,处于环境与经济增长倒 N 型曲线的下降部分时,环境质量随经济增长而下降,所以此时的第二产业比例的增加会使空气质量下降;相反,如果在处于环境与经济增长倒 N 型曲线的上升部分时,环境质量随经济增长而提高,此时的第二产业比例的增加会使空气质量有所提高。

表 3

总体回归估计结果

解释变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$\ln Y$	17.90351(0.4867)	18.24730(0.4377)	12.15795(0.5892)	2.379988(0.9144)	-0.242722(0.9913)
$(\ln Y)^2$	-1.726271(0.5013)	-1.771391(0.4501)	-1.201629(0.5926)	-0.242583(0.9125)	0.013414(0.9952)
$(\ln Y)^3$	0.055894(0.5122)	0.057724(0.4589)	0.039999(0.5918)	0.008695(0.9056)	0.000363(0.9961)
SG		0.018075*** (0.0033)	0.007912(0.1982)	0.011849* (0.0526)	0.010400* (0.0926)
TG		0.023800*** (0.0000)	0.011175* (0.0584)	0.015657*** (0.0081)	0.014163*** (0.0186)
$\ln B$			0.128063*** (0.0000)	0.133101*** (0.0000)	0.129048*** (0.0000)
$\ln D$				-0.084011*** (0.0003)	-0.078744*** (0.0008)
GR					0.000878(0.2315)
C	-56.58591(0.5102)	-59.42148(0.4492)	-36.96827(0.6231)	-3.618023(0.9610)	5.425066(0.9418)
R^2	0.685183	0.741586	0.765377	0.777032	0.779262
Adjusted R^2	0.647452	0.708305	0.733914	0.746160	0.747606
样本量	300	299	297	297	296
形状	N 型	N 型	N 型	N 型	U 型
对应 EKC 形状	倒 N 型	倒 N 型	倒 N 型	倒 N 型	倒 U 型

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的显著性水平上显著;括号内为 P 值。

表 3 第 3 列引入公共交通变量,回归结果显示, $\ln B$ 的估计系数在 1% 的水平上显著为正,说明城市公共交通工具的使用对空气质量有显著的正向作用。具体来看,城市每万人拥有公共汽车数量每增加 1%,城市的空气质量好于二级的天数就会增

加 0.128%。同时发现 $\ln Y$ 、 $\ln^2 Y$ 和 $\ln^3 Y$ 三项的估计系数仍然与第一列相同,说明加入公共交通变量后不改变 EKC 曲线的基本形状。

表 3 第 4 列加入人口密度变量以衡量人口压力对空气质量的影响,估计结果显示, $\ln D$ 的估计系数

是负的,并在 1% 的水平上显著,说明人口密度对空气质量的影响是负向的。从数值上来看,人口密度每增加 1%,空气质量好于二级的天数将降低 0.084%。此外,在加入这一变量后,之前加入变量的符号不变,且模型的总体拟合程度有所提高,说明将这一变量引入模型是合适的,也是有一定的解释力的。

表 3 第 5 列中将经济增长、产业结构、公共交通、人口密度以及城市绿化等五个因素都引入到模型中,根据估计结果显示,城市绿化指标——建成区绿化覆盖率 GR 的系数为正,但其系数很小,仅为 0.0008,其作用也并不显著(10% 水平上不显著),说明建成区绿化覆盖率对城市空气质量的作用很小。这或许是由于我国各城市的绿化覆盖多半在主城区,而大气污染物的排放主要在郊区,城市绿化不一定能很好地对排放的污染物进行吸纳,所以这样的结果也是可以预见的。另外,研究发现,将 GR 引入到模型后,SG、TG、lnB、lnD 的系数符号、大小及显著性虽没有明显的改变,但 $\ln Y$ 、 $\ln^2 Y$ 和 $\ln^3 Y$ 三项的估计系数却发生了改变,对应环境库兹涅茨曲线的形状变成了倒 U 型,而且模型的总体拟合程度也

没有大的改进,所以,GR 的引入,只能在一定程度上帮助观察城市绿化对空气质量的影响,但对整个模型来讲不是一个很好的解释变量。

通过以上分析发现,我国各省会城市和直辖市的空气质量与城市发展的关系基本上是稳定的。具体来讲,空气质量与经济增长的关系符合环境库兹涅茨曲线的倒 N 型假定,第三产业的比例增加比第二产业比例的增加对空气质量的提升作用更加显著。与常识一致的是,公共交通工具使用的增加会提高城市空气质量,而人口密度的增加会为城市环境带来压力,无益于空气质量的提高。这与有些学者的结论是不同的(有学者认为,人口密度的增加有可能提高环境质量,这是因为有更多的人参与到环境保护的行列中来)。另外,城市绿化因素对空气质量的影响不大。

鉴于我国不同地区的城市发展水平与变化趋势存在较大的差异,有必要考察不同地区的城市空气质量受城市发展的影响程度。研究中将各省会城市、直辖市按照所在的省份、区域划分为东部城市、中部城市和西部城市,分别进行回归,结果见表 4。

表 4 分区域回归估计结果

解释变量	全国	东部省会城市、直辖市	中部省会城市	西部省会城市、直辖市
$\ln Y$	-0.242722(0.9913)	-29.54697(0.6123)	922.2995*** (0.0009)	69.74511(0.2714)
$(\ln Y)^2$	0.013414(0.9952)	2.896498(0.6085)	-90.49032*** (0.0009)	-7.012077(0.2790)
$(\ln Y)^3$	0.000363(0.9961)	-0.094169(0.6065)	2.959448*** (0.0010)	0.234793(0.2868)
SG	0.010400* (0.0926)	-0.014329(0.2437)	0.008269(0.3236)	0.026179* (0.0543)
TG	0.014163*** (0.0186)	-0.005931(0.6065)	0.007776(0.3733)	0.027306*** (0.0339)
lnB	0.129048*** (0.0000)	0.111481** (0.0117)	0.158595*** (0.0004)	0.024796(0.5457)
lnD	-0.078744*** (0.0008)	0.011172(0.8243)	-0.064559* (0.0505)	-0.128016*** (0.0041)
GR	0.000878(0.2315)	0.000534(0.7940)	0.000217(0.8806)	0.001239(0.1667)
C	5.425066(0.9418)	106.2403(0.5959)	-3128.397*** (0.0008)	-227.1784(0.2717)
R ²	0.779262	0.800366	0.758935	0.878421
Adjusted R ²	0.747606	0.761263	0.706099	0.851404
样本量	296	117	90	89
形状	U 型	倒 N 型	N 型	N 型
对应 EKC 形状	倒 U 型	N 型	倒 N 型	倒 N 型

回归结果显示,各地区城市发展对空气质量的影响呈现出较大差异。表 4 第一列列出了全国的回归结果,用来和后面三列进行对比分析。先来看曲线形状,全国是倒 U 型,而东部城市是 N 型,中部和西部城市均为倒 N 型。这表明,全国范围内空气质量与城市发展的关系符合环境库兹涅茨曲线的倒 U 型假说;东部城市发展初期随着城市发展的不断推进,空气质量会先提高再降低再提高,这和经济发展

阶段及与各个阶段对应的发展方式有关(东部城市先以农林渔业等为主要产业,而后以重工业经济发展方式为主,再到近几年以利用清洁能源或者以第三产业为主的经济的发展方式),经济发展中更清洁的生产方式或者以第三产业为主的发展方式必然会带来空气质量的改善。

东部省会城市、直辖市产业结构对空气质量的弹性均为负,这与总体回归结果不一致(总体回归

系数均为正), 且其系数不显著, 说明东部省会城市的产业发展会降低城市空气质量(其中第二产业的影响更大), 这可能与东部省会城市、直辖市发达的工业有关, 即使是第三产业的发展也会排放一些污染气体, 即使这种负向影响很小且不显著, 也会影响城市空气质量的改善。中部省会城市的产业结构弹性虽与总体回归结果一致, 但其系数仍不显著, 且数值很小。与总体回归估计结果较一致的是西部省会城市和直辖市, 其系数均比总体回归结果大且在相同的水平上显著, 显著水平分别为 10% 和 5%, 数值上也高于总体回归结果。这可能与西部城市近十年来大力发展风能、太阳能等清洁能源有关, 再加上其工业生产没有东中部城市密集且其第二产业产值比例也比东部城市产值比例小, 所以其产业结构对空气质量有正向的弹性且在数值上要好于总体回归结果。

我国的城市交通体系在东部和中部城市的发展较为完善, 因此, 城市公共交通因素对空气质量的改善作用在东部城市 and 中部城市分别在 5% 和 1% 的水平上显著。其中, 东部省会城市、直辖市每万人拥有的公共汽电车数量每增加 1%, 其对空气质量的改善作用为 0.11%, 这样的改善作用在中部城市约为 0.16%, 而西部城市的数值仅为 0.02% 且不显著。

人口密度对空气质量的影响在东部城市为正且不显著, 这与全国的情况不一致。或许这样的结果就如一些学者认为的那样, 城市人口的增加会使更多的人参与到环境保护的行动中来, 所以人口密度越大空气质量越好是可以理解的。中部和西部城市的回归系数分别在 10% 和 1% 的水平上显著, 且均为负, 这与总体回归估计的结果是一致的。

城市绿化因素对全国范围空气质量的弹性很小且不显著, 该结论也适合于东部、中部和西部省会城市、直辖市。这说明在研究空气质量的影响因素时, 城市绿化因素可以忽略不计, 或是需要选择更合适的指标来代替这一变量。

五 结论

本研究分析了我国省会城市、直辖市的发展对空气质量的影响情况, 并进行了分区域的比较分析。实证结果显示, 城市的经济增长总体上与空气质量的关系呈倒 U 型关系, 符合环境库兹涅茨曲线假说。分区域而言, 东部城市呈 N 型、中部和西部城

市均呈现倒 N 型, 这与各个区域城市的发展阶段及其主要的发展方式有关。城市的产业结构对空气质量的影响在总体上是正向的, 说明产业结构的调整有助于改善空气质量。但东部省会城市、直辖市由于其工业的密集度比较高, 其产业结构因素将会使空气质量有轻度的恶化。城市公共交通因素在总体上的作用是显著的, 在东部和中部城市的空气质量改善方面也有明显的正向作用, 但在西部省会城市、直辖市的作用却并不显著, 这也和西部城市不太完善的城市公交系统有关。城市人口密度总体上对空气质量的改善有负向作用, 这是因为过多的人口会对有限的环境资源带来过重的负担, 使包括空气在内的所有环境承载力超负荷, 从而引起环境恶化。但在东部城市, 人口密度因素转为正向, 这或许是因为东部人口素质普遍较高, 居民较先进的环保意识弱化了人口压力带来的空气恶化程度。无论从全国还是区域来看, 城市绿化因素均不显著且数值很小, 说明城市绿化因素还没有在空气质量的改善上发挥作用, 这或许与城市绿化的面积、地理位置等有关。

本研究结论的政策含义如下。

首先, 我国各省会城市、直辖市作为经济和地理上的中心, 对所在省市的周边区域的经济发展具有带动作用, 其环境污染也会向郊区及周边城市扩散, 因此, 合理的产业布局对促进经济与环境协调发展至关重要。相关部门应运用先进的信息、技术手段最大限度地降低经济系统产生的气体污染物浓度, 以改善城市的空气质量。

其次, 城市公共交通体系需要不断完善和更新, 尽量使用清洁能源驱动的城市公共交通工具, 实现低污染、零污染。城市及周边区域的经济要协调发展, 提高周边区域居民的生活水平, 以避免人口在城市中心的过分聚集。城市绿化建设需要逐步推进, 以充分发挥绿地对城市污染气体的吸纳作用。

最后, 政府在推进经济发展的同时要做好环境保护的政策激励, 尤其是在雾霾、灰霾笼罩我国各大中城市的情况下, 气体污染物排放的控制要更加严格, 要对污染气体排放企业通过税收、排污费等经济手段进行监管和约束, 同时鼓励企业运用清洁能源, 扶持环保产业的发展。

【Abstract】 This essay studies on the influence factors of urban development on air quality, using the unbalanced panel data of 30 provincial capitals and municipalities from 2003 to 2012. It is found on the whole that the cities' economic growth

and air quality is inverted U - shaped relationship, according with Environmental Kuznets Curve hypothesis; that urban industrial structure's impact on air quality is positive; that urban public transport factors is significant; that the increase of urban population density worsen air quality; that whether at national or at regional levels, urban greening factors are not significant and the value is very small.

【Key words】 air quality; urban development; unbalanced panel data; EKC model

参考文献

- [1] 郭施宏等. 空气质量与城镇化质量协调关系研究——基于全国 73 个主要城市的数据 [J]. 生态经济, 2015 (3): 25 - 30
- [2] 李玉文等. 环境库兹涅茨曲线研究进展 [J]. 中国人口·资源与环境, 2005 (5): 11 - 18
- [3] 包群, 彭水军, 阳小晓. 是否存在环境库兹涅茨倒 U 型曲线——基于六类污染指标的经验研究 [J]. 上海经济研究, 2005 (12): 3 - 13
- [4] 陆旸. 从开放宏观的视角看环境污染问题: 一个综述 [J]. 经济研究, 2012 (2): 146 - 158

- [5] 池建宇, 张洋, 晏思雨. 城市的经济发展水平影响空气质量吗——基于中国 31 个省会城市和直辖市经验验证 [J]. 经济与管理, 2014 (5): 26 - 31
- [6] 王芳. 影响我国空气质量的因素研究——基于省际面板数据的经验分析 [J]. 广东行政学院学报, 2014 (2): 74 - 79
- [7] 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 (2): 71 - 76, 91
- [8] 张丽. 中国主要城市空气质量与经济发展的关系研究 [D]. 华北水利水电大学, 2013
- [9] 张喆等. 城市空气质量与经济发展的曲线估计研究 [J]. 环境与可持续发展, 2007 (4): 36 - 38
- [10] 符森. 我国环境库兹涅茨曲线: 形态、拐点和影响因素 [J]. 数量经济技术经济研究, 2008 (11): 40 - 55
- [11] 夏艳清. 中国环境与经济增长的定量分析 [D]. 东北财经大学, 2010

(责任编辑: 刘媛君)

《城市问题》编辑部作者来稿规范

一 关于正文各级标题序号的标注

一级标题序号为“一”、“二”、“三”……;
二级标题序号为“1”、“2”、“3”……;
三级标题序号为“(1)”、“(2)”、“(3)”……;
四级标题序号为“①”、“②”、“③”……。

作者来稿请按照本刊要求标写正文各级标题序号。

二 关于作者署名

请注明真实姓名(笔名听便,但真实姓名与笔名只能署其一)、邮政编码、详细通信地址、工作单位、联系电话,并请附文后。

三 关于作者简介

请附论文所有署名作者之简介。“作者简介”包括如下项目:姓名、出生年、性别、籍贯(例:山东济南人)、现职单位、职称或职务、学位(可选)、研究方向(可选)。

四 关于参考文献须包括的项目

参考文献须包括下列项目:作者名;参考文献名(论文题目名或书名);期刊名或出版社名;期刊刊期或出版年份;起止页码。论文务必附参考文献,格式示例如下(请注意示例中的标点符号用法):

- [1] 张大道. 城市竞争力、城市经营与城市管理 [J]. 城市问题, 2002 (9): 19 - 22
- [2] 李大道. 城市空间结构新论 [M]. 北京出版社, 2001: 3 - 13

外文参考文献包括之项目同上。

五 关于网络文献的引用及著录

1. 著录项目须齐全,须包括电子文献的主要责任者、电子文献题名、电子文献的出处或可获得地址、发表或引

用日期(任选);

2. 在“IP 地址”与“主机名”二者之间,须著录主机名。

3. 网址中的“http”不能省略,它是网站“超文本传输协议”的标志。

4. 如有中文网站名,须同时著录,但著录位置应排在主机名后,同时要加上圆括号。

5. 对既没有电子文献的主要责任者,又没有电子文献题名,而只著录网址的引文,本刊要求网址中除了要有主机名外,还应标明路径和网页,即至少在三级以上方可被视之为有效引文。为说明本条,特举下例,例如,对于以下这条著录 <http://www.cajed.edu.cn/pub/wml.txt/980810-2.html>, 如果只标著 <http://www.cajed.edu.cn>, 是没有实际意义的。

6. 关于网址中的日期,以选查阅或下载的日期为宜。

7. 被引文献见诸于多个网址时,著录一个即可。

8. 一条引文中,既提供了网址,又提供了纸质载体的来源,应选用纸质载体来源文献予以著录。

9. 为了确保引文的可靠性,作者须对网络文献进行认真选择及甄别,对那些未公开发表的“黑色文献”,尤其是网上论坛、BBS 上的资料等,一律不得使用。

六 关于论文正文中之外国人名、地名、机构名、文献名的处理

论文正文中出现的外国人名、地名、机构名、文献名须译为中文,不能直接使用外文拼写,确有需要的,方可在括号中加注外文原文。