

工业污染与工业增长的关系研究 ——基于中国 2004 年 - 2015 年 省际面板数据的实证分析

● 金殿臣 李媛 杨丹辉

摘要:文章运用中国 31 个省级地区 2004 年-2015 年的面板数据,选取一般工业固体废物生产量作为衡量工业污染程度的指标,选取人均 GDP 作为衡量工业增长的指标,对工业污染与工业增长间的关系进行了研究。实证检验表明:中国的工业污染与工业增长存在明显的库兹涅茨倒“U”型曲线关系,直到 2015 年,中国也仅有天津、北京、上海与江苏这 4 个地区突破了环境拐点,剩余的 27 个地区均面临工业污染随工业增长而不断增加的困境,这正是近年来中国环境质量不断下降的重要原因。

关键词: 污染排放量;工业增长;面板数据;固定效应模型

随着中国工业化进程逐渐步入中后期阶段,人们对良好生态环境的要求越来越强烈,绿水青山就是金山银山的观念深入人心。但是,近年来中国环境质量不断下降,尤其是以持续雾霾天为代表的环境污染事件不断地刺痛人们的神经。在此背景下,“十三五”规划首次提出绿色发展新理念,并将生态文明建设提升至国家战略高度。鉴于工业污染是中国环境污染的主体,因此,深入研究工业污染与工业增长的关系,有望为推进中国生态文明建设提供理论支撑,具有重要的现实意义。

一、文献综述

国外学者对环境污染与经济增长间关系的研究始于 20 世纪 90 年代。Grossman 和 Krueger(1991)通过深入研究多个国家与地区经济增长与水污染排放量、空气污染排放量的关系后,首次提出人均 GDP 与环境污染之间存在倒“U”型曲线关系的观点,这条倒“U”型曲线也被称作环境库兹涅茨曲线(Environmental Kuznets Curve, EKC)。Bruyn 和 Opschoor(1998)分析了美国、英国、德国、新西兰 1960 年~1993 年期间二氧化硫、二氧化氮、二氧化碳与人均 GDP 的关系,得出这三者与人均 GDP 均存在倒“U”型曲线关系。不过,Shafik(1994)选取了 10 种衡量污染排放量的指标,构建了一个包括 149 个国家 1960 年~1990 年的面板数据,在此基础上对环境污染与经济增长间的关系进行了深入研究,他的研究结论表明,人均 GDP 与城市烟雾排放量、二氧化硫排放量存在倒“U”型曲线关系,其他污染排放量与人均 GDP 间则并未呈倒“U”型曲线关系。

国内同样有许多学者对环境污染与经济增长间的关系进行了深入的研究。包群和彭水军(2006)运用中国 1996 年~2002 年 30 个省级地区的面板数据,在加入环保政策、产业结构调整、技术进步与贸易开放等变量的基础上,通

过建立联立方程组的方式考察了中国工业废水排放量、工业废水污染物化学需氧量、工业烟尘排放量、工业粉尘排放量、工业固体废弃物排放量、二氧化硫排放量与经济增长的关系,其研究结果表明,除工业废水污染物化学需氧量外,其他污染物的排放量与经济增长存在倒“U”型曲线关系。常宁和李娜(2010)运用线性模型、二次模型、对数线性模型、对数二次模型等方法分析了上海市 1981 年~2007 年工业二氧化硫排放量、工业废水排放量、工业粉尘排放量、工业 COD 排放量与经济增长间的关系,他们的研究发现,在这一时期内,上海工业污染与经济增长的关系并不唯一。高宏霞等(2012)以工业废气排放量、工业粉尘排放量与二氧化硫作为衡量环境污染的指标,以人均 GDP 作为度量经济增长的指标,利用中国 2000 年~2009 年 31 个省级地区的数据对环境库兹涅茨曲线是否在中国成立进行验证,他们的研究结论显示,样本期内,二氧化硫、工业废气与人均 GDP 呈倒“U”型曲线关系,工业粉尘与人均 GDP 呈线性关系。

通过文献梳理可知,国内外学者对环境污染与经济增长间关系的研究成果比较丰富,但有关工业污染与工业增长间关系的研究成果偏少,尤其是对近年来中国各省份工业污染与工业增长间关系进行研究的文章较少。鉴于此,本文运用中国 31 个省级地区(香港、澳门除外)2004 年~2015 年的面板数据,选取一般工业固体废物生产量作为衡量工业污染程度的指标,选取人均 GDP 作为衡量工业增长的指标,对工业污染与工业增长间的关系进行了研究,并将各省级地区工业发展水平与实证得出的污染拐点值进行比较,以反映各地工业污染与工业发展的差异。

二、实证分析

1. 实证模型设计。倒“U”型的环境库兹涅茨曲线的经

济学含义是:在人均收入水平较低时,人们更加重视经济增长而忽略对环境的保护,因此,随着人均收入水平的提高,污染排放量会不断增加进而导致生态环境日益恶化;不过,在人均收入提高到一定水平后,人们开始重视保护生态环境,在这一阶段,污染排放量会随着人均收入的提高而逐步减少,使得环境质量得到不断改善。鉴于此,本文采用如下简约形式的面板回归模型对中国工业污染与工业增长间的关系进行实证分析:

$$Y = a + bX + cX^2 + u \quad (1)$$

式(1)其中,Y表示工业污染排放量,X表示人均GDP,u代表随机扰动项。

由方程(1)的形式可知,工业污染排放量与工业增长间的关系会因解释变量系数值的不同而不同。具体来说:如果解释变量一次项及其平方项的系数都为零,则工业污染排放量与工业增长的关系表现为一条水平线;如果解释变量一次项系数大于零,解释变量平方项系数为零,则工业污染排放量随着工业增长而单调递增;如果解释变量一次项系数小于零,解释变量平方项系数为零,则工业污染排放量随着工业增长而单调递减;如果解释变量一次项系数小于零,解释变量平方项系数大于零,则工业污染排放量与工业增长之间呈“U”型曲线关系;如果解释变量一次项系数大于零,解释变量平方项系数小于零,则工业污染排放量与工业增长之间呈倒“U”型曲线关系。

2. 数据的选取与说明。综合考虑数据的可得性、一致性与可更新性,本文构造了一个包含中国31个省级地区(香港、澳门除外)2004年~2015年的面板数据。本文采用中国各个省级地区一般工业固体废物生产量(Soild)作为衡量工业污染程度的指标,单位为万吨;参照经典的工业化理论,选取中国各个省级地区历年人均国内生产总值(PGDP)作为衡量工业增长的指标,根据各个省级地区国内生产总值与年末人口计算,单位为万元/人。为了保证数据的可比性,利用GDP平减指数将按照当年价格计算的国内生产总值调整为2004年不变价。文中一般工业固体废物生产量、各个省级地区国内生产总值与年末人口数据均来自历年《中国统计年鉴》,GDP平减指数数据来自wind数据库。

3. 实证结果分析。本文选取的是中国各个省级地区的数据,考虑到各个省级地区工业增长与工业污染水平存在异质性,本文采用固定效应估计法对回归模型进行估计,回归结果如下:

$$\text{Soild} = -4003.357 + 6744.147 \text{ PGDP} - 587.2202 \text{ PGDP}^2 \quad (2)$$

$$(-5.13) \quad (12.43) \quad (-7.10)$$

式(2)中各变量的系数均通过了显著性检验。由式(2)中解释变量的一次项与二次项系数可知,中国各个省级地区一般工业固体废物生产量与工业增长之间存在明显的库兹涅茨倒“U”型曲线关系。利用式(2)中解释变量的一次项与二次项系数还可以进一步计算出倒“U”型曲线的拐点位于人均GDP为5.742万元/人的临界值处。这一数值的经济学含义是:当人均GDP低于5.742万元/人时,一般工

业固体废物生产量随着工业增长而同步增加,即工业增长会引起工业污染的增加,进而导致环境质量下降;当人均GDP突破5.742万元/人后,一般工业固体废物生产量又会随着工业增长而不断下降,即工业污染随着工业增长而降低,环境质量随工业增长而得到改善。

将上述环境拐点与中国31个省级地区实际人均GDP进行比较可知,到2015年,天津、北京、上海与江苏这4个省级地区的实际人均GDP分别为7.078万元/人、6.982万元/人、6.805万元/人和5.769万元/人,均突破了5.742万元/人的环境拐点,步入工业污染随工业增长而逐步减少的“双赢”阶段;但剩余的27个省级地区实际人均GDP均未突破环境拐点,尚处于倒“U”型曲线的左半部分,特别是贵州、云南与甘肃2015年的实际人均GDP分别仅为1.957万元/人、1.889万元/人和1.715万元/人,与5.742万元/人的环境拐点相去甚远。这说明中国大部分地区仍处于一般工业固体废物生产量随工业增长而不断增加的阶段,面临工业污染随工业增长而日益增加的困境,这也是近年来中国环境质量不断下降的重要原因。

4. 模型的稳健性检验。为了检验用固定效应估计法回归上述模型的稳健性和合理性,本文运用随机效应估计法对上述模型进行重新估计,估计结果如下:

$$\text{Soild} = -3733.749 + 6725.242 \text{ PGDP} - 616.017 \text{ PGDP}^2 \quad (3)$$

$$(-2.69) \quad (12.23) \quad (-7.36)$$

式(3)中各变量的系数均通过了显著性检验,由式(3)中解释变量的一次项与二次项系数同样可知,中国各个省级地区一般工业固体废物生产量与工业增长之间存在倒“U”型曲线关系。这说明从计量经济学角度看,设定工业污染排放量与工业增长间的关系为二次函数关系是合理的。但为了检验用固定效应估计法回归上述模型是否是稳健和合理的,我们需进一步借助Hausman检验对上述固定效应模型与随机效应模型的优劣进行评判。Hausman检验的原假设是随机效应模型是正确模型,如果Hausman检验结果接受原假设,说明随机效应估计量比固定效应估计量更有效,应采用随机效应估计法对模型进行估计;如果Hausman检验结果拒绝原假设,则说明随机效应估计量是不一致的,但固定效应估计量仍是一致的,应采用固定效应估计法对模型进行估计。本文Hausman检验结果见表1,表1显示三种Hausman检验形式的统计量分别为41.45、15.36和15.94,对应的p值均小于1%,表明三种Hausman检验结果均强烈拒绝原假设,这意味着运用随机效应模型得出的估计量是不一致的,而采用固定效应模型得出的估计量仍是一致的。因此,可以判定本文采取固定效应估计法回归上述模型是稳健与合理的。

三、结论与建议

1. 结论。本文运用中国31个省级地区(香港、澳门除外)2004年~2015年的面板数据,选取一般工业固体废物生产量作为衡量工业污染程度的指标,选取人均GDP作为衡量工业增长的指标,对中国工业污染与工业增长间的关系进行了研究,实证结果表明,中国各个省级地区工业

表1 Hausman 检验结果

检验形式	检验统计量	p 值
(1)	41.45	0.000 0
(2)	15.36	0.000 5
(3)	15.94	0.000 3

注:检验形式(1)表示 Hausman 检验对方差协方差矩阵的选择不附加条件;检验形式(2)附加 sigmamore 选项,表示 Hausman 检验基于有效估计量原则构造方差协方差矩阵;检验形式(3)附加 sigmamore 选项,表示 Hausman 检验基于一致估计量原则构造方差协方差矩阵。

GDP 为 5.742 万元/人的临界值处。这表明当人均 GDP 低于 5.742 万元/人时,一般工业固体废物生产量随着工业增长而同步增加,工业增长会导致工业污染的增加;当人均 GDP 突破 5.742 万元/人后,一般工业固体废物生产量又会随着工业增长而不断下降,工业增长会使得工业污染水平下降。将环境拐点与中国 31 个省级地区实际人均 GDP 进行比较可知,到 2015 年,天津、北京、上海与江苏这 4 个省级地区的实际人均 GDP 分别为 7.078 万元/人、6.982 万元/人、6.805 万元/人和 5.769 万元/人,均突破了 5.742 万元/人的环境拐点,步入工业污染随工业增长而逐步减少的“双赢”阶段;但剩余的 27 个省级地区实际人均 GDP 均未突破环境拐点,尚处于倒“U”型曲线的左半部分,特别是贵州、云南与甘肃 2015 年的实际人均 GDP 分别仅为 1.957 万元/人、1.889 万元/人和 1.715 万元/人,与 5.742 万元/人的拐点值相去甚远。这说明中国大部分地区仍处于一般工业固体废物生产量随工业增长而不断增加的阶段,面临工业污染随工业增长而日益增加的困境,这也是近年来中国环境质量不断下降的重要原因。

2. 相关建议。中国正处于加快建设资源节约型、环境友好型社会的关键时期,但是当前中国大部分地区仍处于工业污染随工业增长而不断增加的发展阶段,因此,中国有必要采取一系列政策措施降低工业污染排放水平,以尽快实现美丽中国的建设目标。

(1) 因城施策,平衡地区发展与环境保护。作为一个存在较大区域差距的大国,中国必须因城施策,在地区发展与环境保护间找到平衡点。具体来说,对于浙江、广东、福建等东部发达地区,既要严格执行节能减排政策,又要积极发展低碳、环保产业,以最小的代价和成本尽快迈过环境拐点,步入工业污染随工业增长而逐步减少的“双赢”阶段;对于广大中西部地区,环保目标可以设定的比东部地区低一些,以在适当提高污染容忍度的情况下加快推进工业化进程,提高人民收入水平,另外,对于云南、贵州、四川等具有良好生态禀赋的地区,还可以通过发展旅游业、生态农业等环境友好型产业的方式平衡地区发展与环境保护。

(2) 绿色发展,促进工业提质增效。绿色发展与清洁生产是中国应对环境污染严重、生态系统恶化的根本举措。因此,中国应以绿色制造与清洁生产试点为抓手,积极引导工业企业走上绿色制造与清洁生产之路,并通过加快构

污染与工业增长间存在明显的库兹涅茨倒“U”型曲线关系,拐点位于人均

建科技含量高、资源消耗低、环境污染少的产业体系促进工业提质增效,协调工业增长与环境保护间的关系。

(3) 减少排污,弥补环境保护短板。目前,中国工业领域存在较大的节能减排空间,中央及地方各级政府部门可以综合运用财政资金支持及税收优惠等手段鼓励企业通过改善管理、综合利用、采用先进生产技术与设备等措施降低污染物排放水平。与此同时,通过政府购买、补贴等方式加快节能环保产品推广步伐,在全社会树立绿色消费观念,用消费模式升级倒逼生产方式转型,进而加快补齐环境保护短板,推动供给侧结构性改革。

(4) 完善治污,助力生态文明建设。政府有关部门一方面要加快污染物排放标准体系建设步伐,尽快建立企业排污许可制度;另一方面,可以通过鼓励企业污染物排放自行监测、加强环保部门对工业污染的监督、建立违法排污企业黑名单、对未达标企业严格实施限期整改等方式加快完善污染治理体系,以环境治理体系和治理能力现代化助力生态文明建设,增进民生福祉。

参考文献:

- [1] 包群,彭水军.经济增长与环境污染:基于面板数据的联立方程估计[J].世界经济,2006(11):48-58.
- [2] 高宏霞,杨林,付海东.中国各省经济增长与环境污染关系的研究与预测——基于环境库兹涅茨曲线的实证分析[J].经济学动态,2012(1):52-57.
- [3] 常宁,李娜.上海市经济增长与工业污染关系研究——基于环境库兹涅茨曲线假说[J].上海财经大学学报,2010(4):84-91.
- [4] 张陈俊,章恒全.新环境库兹涅茨曲线:工业用水与经济增长的关系[J].中国人口资源与环境,2014,24(5):116-123.
- [5] 许广月,宋德勇.中国碳排放环境库兹涅茨曲线的实证研究——基于省域面板数据[J].中国工业经济,2010(5):37-47.
- [6] 赵细康,等.环境库兹涅茨曲线及在中国的检验[J].南开经济研究,2005,3(3):48-54.
- [7] 钟茂初,张学刚.环境库兹涅茨曲线理论及研究的批评综述[J].中国人口资源与环境,2010,20(2):62-67.
- [8] Bruyn, S., Opschoor J. Economic growth and emissions: Reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets Curves[J]. Ecological Economics, 1998, 25(2):161-175.

作者简介:杨丹辉(1969-),女,汉族,山东省济南市人,中国社会科学院工业经济研究所资源与环境研究室主任、研究员、博士生导师,研究方向为工业资源与环境;金殿臣(1989-),男,汉族,浙江省温州市人,中国社会科学院研究生院博士生,研究方向为产业组织;李媛(1989-),女,汉族,安徽省合肥市人,中国社会科学院研究生院博士生,研究方向为国际贸易。

收稿日期:2017-04-16