

基于生活污染物的环境库兹涅茨曲线

袁加军, 曾五一

(厦门大学 经济学院, 福建 厦门 361005)

[摘要] 利用中国1998~2007年的省级面板数据,对基于生活污染物的EKC模型进行了实证检验。结果显示:我国的生活SO₂、生活烟尘排放量与人均GDP之间不存在长期协整关系;生活污水排放与人均GDP之间的关系呈倒U型的EKC曲线,且处于曲线的上升阶段;生活污水中COD排放量与人均GDP既存在倒U型的EKC曲线关系,也存在N型曲线关系。

[关键词] 经济增长; 生活污染; 环境库兹涅茨曲线(EKC)

[中图分类号] F224.0

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-9556(2009)10-0030-05

Study of Environmental Kuznets Curve Based on Pollutants from Daily Living

YUAN Jia-jun, ZENG Wu-yi

(Dept. of Planning Statistics, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: The Environmental Kuznets Curve is a classic hypothesis in environmental economics, which investigates the relationship between economic growth and industrial pollution mainly. This paper tests the Environmental Kuznets Curve models based on pollutants from daily living by use of Chinese panel data set of yearly observations covering 30 provinces and the time period 1998-2007. The results show that there is no long term balanced relation between sulfur dioxide and dust emissions from daily living and per capita GDP; an inverted-U-shaped relationship between waste water emissions from daily living and per capita GDP which is the upload stage of the EKC. At the same time, it has been found that both an inverted-U-shaped relationship and a N-shaped relationship exist between COD emissions of waste water from daily living and per capita GDP.

Key Words: economic growth; pollution from daily living; EKC

一、引言

随着经济的发展、工业化和城市化的不断推进,环境污染问题日趋严重,环境污染与经济增长之间的关系受到了越来越多的重视。到了20世纪90年代,随着许多环境污染物的数据可以从有关环境监测机构中获得,学者们开始定量研究环境与经济之间的关系。从已有研究文献来看,考察经济增长对环境质量影响的研究较多,其中最具代表性的是环境库兹涅茨曲线(Environmental Kuznets Curve, EKC)。EKC曲线是一种描绘环境污染与经济发展水平关系的曲线。一般来说,在经济发展处于较低水平时,环境污染会随着经济增长变得更加严重,而当经济发展到较高水平时,环境污染将逐渐降低,即经济增长

和环境污染之间呈现倒U型关系。

EKC假说最初由Grossman和Krueger(1991)提出,此后,许多学者从不同角度出发,采用不同的样本和方法对EKC进行了研究。综合以往的研究文献可知,在多数情况下,环境污染指标与经济增长间存在着倒U型的关系。然而,环境污染与经济增长还存在着U型、N型等其他关系。李国柱(2007)发现,人均GDP和二氧化硫排放量之间并不存在倒U型的曲线关系。刘燕等(2006)发现,工业废气、工业废水与经济增长之间是N型和倒N型的关系。也有学者指出,EKC关系是否存在取决于污染指标及估计方法的选择(Dinda, 2004; 包群等, 2005)。需要注意的是,有些学者已经注意到,EKC只是一种对经

[收稿日期] 2009-08-12

[作者简介] 袁加军(1975-),男,江苏泗洪人,厦门大学经济学院计划统计系教师,博士研究生,研究方向是统计理论与方法;曾五一(1953-),男,福建泉州人,厦门大学经济学院计划统计系教授,博士生导师,研究方向是国民经济统计、统计理论与方法。

验数据的描述,不能将其作为预测,它不能说明经济增长与环境污染之间的必然联系,赵云君和文启湘(2004)、马树才和李国柱(2006)在理论和实证上论证了EKC并不存在。

从目前的研究进展来看,环境指标已从最初单纯的污染指标拓展到综合了污染、资源和生态的环境压力指标。国内研究的环境指标通常是废水、废气和固体废弃物这三类工业污染物,并且国内外文献均未涉及对生活污染与经济增长之间关系的研究。然而,随着经济的发展与生活水平的提高,与生活相关的污染物的排放对环境造成的压力变得越来越不可忽视。因此,本文将着重探讨基于生活污染物的EKC关系是否存在。

二、实证研究方法

(一)模型和数据的选择

一般的EKC模型形式为:

$$E = \alpha + \beta_1 Y + \beta_2 Y^2 + \beta_3 Y^3 + u \quad (1)$$

式中, E 为环境污染指标, Y 为经济增长指标,通常用人均GDP来表示。环境与经济之间主要包括以下七种关系:(1) $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$, E 和 Y 之间没有关系;(2) $\beta_1 > 0$, $\beta_2 = \beta_3 = 0$, E 随 Y 的增加而线性增加;(3) $\beta_1 < 0$, $\beta_2 = \beta_3 = 0$, E 随 Y 的增加而线性减少;(4) $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$, $\beta_3 = 0$, E 和 Y 之间呈倒U型关系,转折点为 $Y = -\beta_1/2\beta_2$;(5) $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$, $\beta_3 = 0$, E 和 Y 之间呈U型关系;(6) $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$, $\beta_3 > 0$, E 和 Y 之间呈N型关系;(7) $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$, $\beta_3 < 0$, E 和 Y 之间呈U型+倒U型关系(或称倒N型关系)。除了倒U型关系外,马树才和李国柱(2006)认为,倒N型曲线关系也符合EKC所描述的环境与发展特征,即“一个令人满意的人均GDP和环境污染的长期关系将存在”,只不过倒N型关系在早期有较大的波动而已。

对EKC进行实证分析的数据形式包括截面数据、时间序列数据和面板数据。大部分依据截面数据的研究都证实了EKC的存在。但是,反对使用截面数据的学者们认为,截面数据仅仅能反映发达国家的经济增长与环境污染之间的负向关系,它在发展中国家的研究中得出的结论是经济增长与环境污染呈正向关系,因而,它不是一个适用于所有国家的单一关系,这一结论同样也适用于一个国家内不同地区的研究中。这是因为,采用截面数据等于暗含了所有国家(或地区)都有相同的发展路径,而实际

上这是不可能的。Arrow等(1995)认为,倒U型的EKC只能说明收入高的国家或地区比贫困地区有更清洁的环境,而不能预测这些国家或地区以后的环境形势,即穷国和富国之间的静态关系并不能说明一个国家所经历的经济增长的动态性。Roberts和Grimes(1997)认为,只有使用单一国家数据才能判别不同污染的真实EKC是否存在。List和Gallet(1999)也对截面数据提出过批评。此外,选择截面数据的年度也不易控制,选择不同的年度,可能对计算结果产生较大的影响。

对于时间序列数据,国外的研究文献较少,主要原因在于,难于获得较长的样本数据,并且大部分利用时间序列数据进行分析的研究表明EKC并不存在(Egli, 2002; Day和Grafton, 2003)。国内不少学者利用时间序列数据对EKC进行了分析,如凌亢等(2001)、张鹏和马小红(2005)、彭水军和包群(2006)、马树才和李国柱(2006),但是大部分研究均表示EKC关系并不存在。由于我国全国性工业污染数据只能从1985年开始选取,因此国内基于时间序列的研究同样存在样本区间较短的问题。此外,中国区域间经济和文化的差异非常显著,也不大适合使用全国综合性的时间序列数据进行研究。

由于时间序列或截面数据存在明显的缺点,使得同时包括截面数据和时间序列数据的面板数据(panel data)得到了大多数学者的认可。从文献的数量上来讲,目前大部分研究采用的是面板数据。国外采用面板数据对EKC进行实证研究的代表性文献有List和Gallet(1999)、Khanna(2002)、Jha和Murthy(2003)、Dietz和Adger(2003)等,国内采用面板数据进行研究的代表性文献有杨海生等(2005)、包群和彭水军(2006)、宋涛(2007)、李国柱(2007)、李刚(2007)、陈昭(2008)等。采用面板数据的主要原因有以下两点:第一,就样本数据量而言,面板数据包含较多的数据点,因而具有较大的自由度,而且截面变量和时序变量的结合信息能够显著地减少缺省变量带来的问题;第二,更为重要的是,正如一些作者所指出的(Dinda, 2004),EKC的形状不仅具有时序维度的特征,同时也具有截面特征,即不仅单个国家环境污染与经济增长的关系将随着经济发展水平的变化而改变,而且不同发展水平国家环境污染与经济增长的关系也存在差异。结合时序和截面信息的面板数据能够反映出收入水平变化和地区发展差异对环境污染与经济增长关系的综合影响。基于以上

分析,我们将选用中国省级面板数据模型对 EKC 进行实证研究。

(二) 数据来源及说明

由于中国从 1998 年才开始有生活污染物的统计数据,因此所用面板数据的时间跨度为 1998~2007 年。根据数据的可获得性,我们选取以下四个与社会生活相关的环境污染指标:生活污水排放量、生活污水中化学需氧量、生活二氧化硫排放量、生活烟尘排放量。由于西藏的部分指标难以获得原始数据,因此在估计 EKC 方程时,使用除西藏外的 30 个省区的数据。相关的环境污染数据来自各期《中国环境年鉴》。

关于经济增长指标,采用通行的做法,用人均 GDP 来衡量。因为与总量指标相比,人均 GDP 能够更加真实地反映经济发展水平对环境的影响,并且更能体现居民对环境质量的需求偏好效应。人均 GDP 由历年《中国统计年鉴》相关数据整理计算而得,是消除了通货膨胀的实际人均 GDP,以 2000 年不变价计算。文章中涉及的各项指标参见表 1。

表 1 各类指标单位与符号表示

指标		单位	符号
环境 污染 指标	生活污水排放量	亿吨	<i>Water</i>
	生活污水中化学需氧量	万吨	<i>COD</i>
	生活二氧化硫排放量	万吨	<i>SO₂</i>
	生活烟尘排放量	万吨	<i>Dust</i>
经济增长指标:人均 GDP		万元/人	<i>PGDP</i>

资料来源:1999~2008 年各期《中国环境年鉴》、《中国统计年鉴》。

(三) 检验与估计方法

一般而言,经典回归模型中假设所涉及的变量都是平稳的,当数据为单整的时间序列时,可能会产生虚假回归。对于面板数据而言,同样存在虚假回归的问题。Kao(1999)首次提出虚假面板回归问题,即在面板模型中,如果解释变量是单整的,那么 OLS 估计量虽然具有一致性,但 t 统计量的分布却是发散的,因此,基于传统 t 分布对系数的检验也就是错误的。所以在使用面板数据进行分析时,必须对变量的单整性进行检验,如果变量是单整的,还需要对它们之间是否具有协整关系进行检验。

面板单位根检验方法包括:LLC 检验(Levin, Lin 和 Chu, 2002)、Breitung 检验(相同根的检验方法)(Breitung, 2000)、IPS 检验(Im, Pesaran 和 Shin, 2003)、Fisher ADF 和 Fisher PP 检验(不同根的检验方法)

(Maddala 和 Wu, 1999)。以上检验的原假设是含有单位根。

面板协整检验方法选用了 Pedroni 提出的面板和组间检验。Pedroni(1999)以回归残差为基础构造出 7 个统计量进行面板协整检验,其中 4 个是用联合组内尺度描述的,包括 Panel v 、Panel ρ 、Panel ADF、Panel PP,另外 3 个是用组间尺度来描述的,包括 Group ρ 、Group ADF、Group PP。除了 Panel v 统计量为右侧检验之外,其余统计检验量均为左侧检验。如果各统计量均在指定的显著性水平下拒绝“不存在协整关系”的原假设,则表明非平稳的时间序列之间存在协整关系。

如果检验得到变量之间存在长期协整关系,那么可直接估计 EKC 方程,不存在伪回归问题。对面板模型的估计有齐性参数模型、变截距模型以及变系数模型三类,其中变截距模型又可分为固定效应(Fixed Effect, FE)模型和随机效应(Random Effect, RE)模型。根据 Greene 的建议,通常很少采用变系数模型。考虑到面板数据在截面上的特定差异,即各个省份之间由于经济发展程度以及其他经济因素存在的差异性,并且参考同类研究文献的一般做法,面板数据估计主要考虑变截距模型,然后根据 Hausman 检验在固定效应模型和随机效应模型之间进行选择。Hausman 检验的原假设是随机效应与解释变量不相关,备择假设是随机效应与解释变量相关。在原假设条件下,内部估计量(对虚拟变量模型)和 GLS 得出的估计量均是一致的,但是内部估计量不是有效的;在备择假设条件下,GLS 估计量不再是一致的,而内部估计量仍是一致的。因此拒绝原假设时采用固定效应模型,不能拒绝原假设时采用随机效应模型。我们将同时估计 EKC 的二次(即只包括人均 GDP 的平方项)与三次(即同时包括人均 GDP 的平方项与立方项)形式。分析所用的软件是 Eviews 6.0 和 Stata 10。

三、实证结果与分析

(一) 面板单位根检验与协整检验结果

面板单位根检验结果见表 2。从检验结果来看,各种方法得出的结论并不一致。对于 *PGDP*,检验结果显示其具有单位根,一阶差分后,除 Breitung 检验外,其他检验均显示其已为平稳过程,因此可以认为人均 GDP 为 $I(1)$ 变量。对于 *Water* 和 *COD*,除 LLC 检验外,其他检验均显示其具有单位根,一阶差分后均为平稳变量,因此可以认为,生活污水排放量

以及生活污水中 COD 排放量均是 I(1) 变量。对于 SO_2 和 $Dust$, 除 Breitung 检验外, 其他检验均显示为平稳过程, 因此认为生活 SO_2 和生活烟尘排放量没有单位根, 为平稳过程。

表2 面板单位根检验

变量	LLC 检验	Breitung 检验	IPS 检验	Fisher ADF 检验	Fisher PP 检验
$PGDP$	5.18 (1.00)	9.69 (1.00)	7.44 (1.00)	11.58 (1.00)	1.46 (0.99)
$\Delta PGDP$	-11.25 (0.00)**	2.28 (0.99)	-1.98 (0.02)*	102.15 (0.00)**	79.82 (0.04)*
$Water$	-2.69 (0.00)**	4.61 (1.00)	0.46 (0.68)	69.17 (0.20)	60.22 (0.47)
$\Delta Water$	-17.08 (0.00)**	-4.06 (0.00)**	-3.05 (0.00)**	143.20 (0.00)**	170.24 (0.00)**
COD	-7.02 (0.00)**	1.57 (0.94)	-0.88 (0.19)	78.41 (0.06)	62.47 (0.39)
ΔCOD	-8.72 (0.00)**	-4.28 (0.00)**	-1.86 (0.03)*	110.79 (0.00)**	134.17 (0.00)**
SO_2	-4.29 (0.00)**	-0.33 (0.37)	-2.16 (0.02)*	113.05 (0.00)**	153.26 (0.00)**
$Dust$	-39.69 (0.00)**	-0.49 (0.31)	-6.68 (0.00)**	159.21 (0.00)**	140.30 (0.00)**

注: 括号中的数字是检验统计量的 P 值(P value), 即观察到的显著性水平; Δ 表示一阶差分; * 表示在 1% 的显著性水平下拒绝原假设, ** 表示在 5% 的显著性水平下拒绝原假设。

由于人均 GDP、生活污水排放量及生活污水中 COD 排放量均是非平稳的, 因此在估计相应的 EKC 方程前需进行协整检验。我们同时对二次及三次形式协整方程的残差进行了 Pedroni 检验, 结果见表 3。面板协整检验的结果表明, 7 种统计量在 1% 的显著性水平下均拒绝了原假设, 因此认为, 人均 GDP 和两种生活污染物排放量之间存在长期均衡关系, 可以对生活污水以及污水中 COD 排放量的 EKC 方程作进一步估计。

表3 面板协整检验

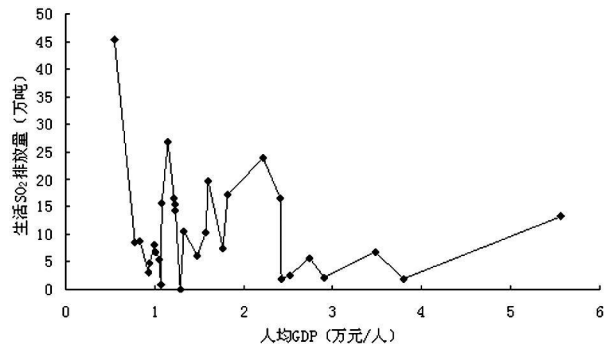
统计量	生活污水		生活 COD	
	二次	三次	二次	三次
Panel v	-5.94*	-7.22*	-6.35*	-7.61*
Panel ρ	3.23*	4.36*	3.31*	4.04*
Panel PP	-20.60*	-28.14*	-21.99*	-28.65*
Panel ADF	-9.89*	-11.07*	-9.86*	-12.32*
Group ρ	4.59*	5.82*	5.39*	6.10*
Group PP	-30.68*	-46.00*	-25.64*	-37.80*
Group ADF	-15.03*	-17.36*	-9.73*	-12.26*

注: Panel v 统计量使用右侧检验, 其他统计量使用左侧检验。* 表示在 1% 显著性水平下拒绝原假设。

(二) EKC 方程估计结果与讨论

对于生活 SO_2 以及烟尘排放量而言, 由于它们是平稳的, 而人均 GDP 为一阶单整的, 因此, 这两个

生活污染变量与人均 GDP 之间不存在协整关系, 即基于面板数据的 EKC 曲线不存在。

图1 2007年各省人均GDP与生活SO₂排放量散点图

虽然上述 EKC 关系不存在, 但通过观察人均 GDP 与污染排放之间的时间序列散点图可以看出, 在同一省区, 随着人均 GDP 的提高, 污染排放均有一个较为明显的下降趋势, 而从 2007 年的截面散点图(见图 1, 其他年份的散点图走势与图 1 类似, 生活烟尘的散点图也与图 1 类似)中, 则看不到这一趋势。Dinda(2004)指出, EKC 的形状同时具有时序维度特征和截面特征, 但本文所用的生活 SO_2 以及生活烟尘排放量似乎只具有时序维度特征, 而没有截面特征, 这也许是这两个污染变量的面板数据不存在 EKC 特征的原因之一。

对于与人均 GDP 存在协整关系的生活污水与污水中 COD 排放量而言, EKC 估计方程的 Hausman 检验结果见表 4。由于 Hausman 检验均不能拒绝原假设, 因此四个方程都采用随机效应模型。表 5 给出了两种污染物的随机效应模型的估计结果, 从中可以看出, 除了生活污水三次形式 EKC 方程的立方项系数不显著外, 其他 EKC 方程估计系数均显著, 并且所有方程均通过了整体显著性检验。

表4 Hausman 检验结果

环境污染物	EKC 形式	检验统计量	样本观测值	P 值
	三次	1.0	0.8007	
COD	二次	1.14	0.5648	
	三次	2.32	0.5083	

这些经验结果表明, 人均 GDP 和生活污水排放量以及生活污水中 COD 排放量之间均存在倒 U 型的曲线关系, 与通常认为的经济增长与污染呈倒 U 型曲线关系的结论一致。生活污水 EKC 曲线的拐点位于人均 GDP 6.47(万元/人) 之处, 而目前即使在我国人均 GDP 最高的上海也达不到这个值, 因此我

国的生活污水 EKC 仍位于上升的左半段,即随着经济的增长,生活污水排放有增加的趋势。生活污水中 COD 排放的 EKC 曲线拐点是人均 GDP 达到 3.31 (万元/人)时,我国有部分省区的人均 GDP 已越过拐点,说明随着经济的增长,生活污水中 COD 的排放已得到了一定程度的稳定与改善。然而需要注意的是,人均 GDP 和生活污水中 COD 排放量还存在着三次方程的 N 型曲线关系。通过观察人均 GDP 和生活污水中 COD 排放的时间序列散点图,可以发现,同一省区随着人均 GDP 的增长,生活 COD 的排放基本上呈逐年下降的趋势。然而,通过观察各省截面散点图可以发现,在某些年份(如 1998 年、1999 年、2007 年等),经济发展水平高的省份,其生活 COD 的排放量也较高,这应该是 EKC 曲线呈现 N 型的原因之一。这说明,在一些经济发展水平较高的地区,生活污水中 COD 的排放量有所回升。

表 5 随机效应模型的回归估计结果

环境 污染物	EKC	形式解释变量的系数			调整的 R ²	F 统 计量
		PGDP	PGDP ²	PGDP ³		
Water	二次	4.79* (13.67)	-0.37* (-5.17)	—	0.59	210.33*
	三次	5.95* (8.19)	-0.97* (-2.90)	0.08 (1.82)	0.59	142.56*
COD	二次	10.34* (7.53)	-1.56* (-5.51)	—	0.17	31.78*
	三次	19.30* (6.88)	-6.13* (-4.77)	0.59* (3.64)	0.20	26.49*

注:括号内的数字为系数显著性检验 t 统计量的样本观测值,*表示在 1% 显著性水平下拒绝原假设。

此外,生活污水 EKC 方程的判定系数较高,表明经济增长可以较好地解释生活污水排放的变动,而生活 COD 方程的判定系数较小,表明经济增长对生活污水中 COD 排放变动的解释力度较小。

四、结论与建议

本文利用中国 1998~2007 年的省级面板数据,在进行面板单位根与协整检验的基础上,对生活污染物的 EKC 模型进行了估计,得出了以下几点结论:(1)生活 SO₂ 与生活烟尘排放量与人均 GDP 之间不存在长期协整关系,即这种污染物的 EKC 曲线不存在,进一步分析可知,这两种污染物的时间序列数据可能具备 EKC 特征,而截面数据没有 EKC 特征;(2)生活污水排放与人均 GDP 之间存在倒 U 型的 EKC 曲线关系,且处于曲线左段的上升阶段;(3)生活污水中 COD 排放量与人均 GDP 既存在倒 U 型的 EKC 曲线关系,也存在 N 型曲线关系,说明随着

经济的增长,生活污水中 COD 的排放得到了一定程度的改善,但在一些经济发展水平较高的地区,生活污水中 COD 的排放量有回升的迹象。

由于生活污染与工业污染一样会给环境带来破坏,所以解决中国的环境问题必须考虑生活所带来的污染问题。基于本文的研究结论可知,经济增长并不能自动解决所有的由生活污染物带来的环境问题。为了解决这方面的环境问题,至少要从两个方面入手:一方面,政府应该增加治理生活污染的投资;另一方面,每一位公民也应该认识到实现生活、消费方式根本转变的重要性。为了实现这种认识上的转变,就要充分发挥工会组织、社区组织、妇女组织和共青团组织的作用,进行环境宣传,真正实现“环境保护,人人有责”。

本研究尚存在一些不足之处,如面板单位根的非线性转换、面板单位根与协整检验的小样本性质、面板的截面独立性等,这些还有待于今后的进一步研究。

[参 考 文 献]

- [1] Jha R, Murthy K V B. An inverse global environmental Kuznets curve[J]. Journal of Comparative Economics, 2003, 31(2): 352-368.
- [2] Egli H. Are Cross-Country Studies of the Environmental Kuznets Curve Misleading? New Evidence from Time Series Data for Germany[R]. FEEM Working Paper No 25. 2002.
- [3] Roberts J T, Grimes P E. Carbon intensity and economic development 1962-1991: A brief exploration of the environmental Kuznets curve[J]. World Development, 1997, 25(2): 191-198.
- [4] Pedroni P. Critical values for Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors[J]. Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 1999, 61(4): 653-670.
- [5] Arrow K, Bolin B, Costanza R, et al. Economic growth, carrying capacity, and the environment[J]. Ecological Economics, 1995, 15(2): 91-95.
- [6] Grossman G M, Krueger A B. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement[R]. National Bureau of Economic Research, Inc, NBER Working Papers, 3914. 1991.
- [7] Dinda S. Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey[J]. Ecological Economics, 2004, 49(4): 431-455.
- [8] 凌 亢,王浣尘,刘 涛.城市经济发展与环境污染关系的统计研究——以南京市为例[J].统计研究,2001,(10).
- [9] 赵云君,文启湘.环境库兹涅茨曲线及其在我国的修正[J].经济学家,2004,(5).

[责任编辑:李 莉]