

基于环境库兹涅茨曲线的经济增长与环境质量实证研究*

姚焕玖 唐国滔 莫创荣 王东波 雷晓霞 胡 霞

(广西大学环境学院, 广西 南宁 530004)

摘要 通过分别建立环境库兹涅茨曲线和基于扩展的环境库兹涅茨曲线模型, 对广西的经济增长和环境质量进行了相关性分析。研究表明, 除了工业废水排放量(E_{water})对人均 GDP 的环境库兹涅茨曲线的关键转折点还未到来, 工业废气排放量(E_{gas})、工业 SO_2 排放量(E_{SO_2})、工业固体废弃物排放量(E_{waste})、 NO_x 浓度(c_{NO_x})、COD 排放量(E_{COD})、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排放量($E_{\text{NH}_3\text{-N}}$)等 6 个指标对人均 GDP 的环境库兹涅茨曲线的关键转折点都已出现; $\ln E_{\text{water}}$ 、 $\ln E_{\text{gas}}$ 、 $\ln E_{\text{SO}_2}$ 、 $\ln E_{\text{waste}}$ 、 $\ln c_{\text{NO}_x}$ 、 $\ln E_{\text{COD}}$ 、 $\ln E_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 均与专利申请数负相关, 且截面效应均为正; $\ln E_{\text{water}}$ 、 $\ln E_{\text{gas}}$ 、 $\ln E_{\text{SO}_2}$ 、 $\ln E_{\text{waste}}$ 、 $\ln c_{\text{NO}_x}$ 、 $\ln E_{\text{COD}}$ 、 $\ln E_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 与第二产业产值占全部产值的比重、污染源治理投资额正相关; $\ln E_{\text{water}}$ 、 $\ln E_{\text{gas}}$ 、 $\ln E_{\text{SO}_2}$ 、 $\ln c_{\text{NO}_x}$ 、 $\ln E_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 与非农业人口的人口密度负相关, $\ln E_{\text{waste}}$ 、 $\ln E_{\text{COD}}$ 与非农业人口的人口密度无关。

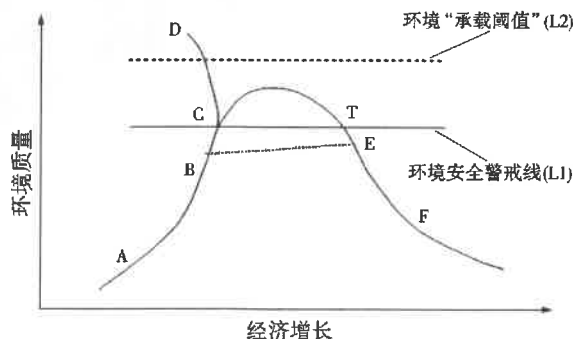
关键词 经济增长 环境质量 环境库兹涅茨曲线

经济增长与环境质量的关系已成为全世界普遍关心的问题, 它们之间的关系常用环境库兹涅茨曲线(EKC)来描述。EKC 从宏观尺度为分析经济增长和环境质量的关系提供非常有益的手段; 同时, 也为预测经济和环境的关系演变趋势, 进而制定适宜的环境经济政策提供参考。

1 环境库兹涅茨假说

美国诺贝尔经济学奖获得者西蒙·库兹涅茨在 1955 年发表了一篇文章“Economic growth and income inequality”, 在文中提出了著名的“倒假说”, 即财富分配的不平等程度起初扩大, 之后伴随着经济的增长, 收入差距会逐渐减小, 收入不平等的长期变动呈现“先恶化, 后改进”的轨迹^[1]。其后, 美国普林斯顿大学的经济学家 GROSSMAN 和 KRUEGER 教授于 1991 年首次将环境质量与人均 GDP 关系的曲线作为工具来预测政府开始向环境保护政策施压的时间点——即 EKC 的拐点。他们研究发现, SO_2 、烟尘等环境指标的排放量和经济增长的关系符合环境库兹涅茨假说, 并提出了 EKC 的假设, 即: 如果没有一定的外部环境政策干预, 那么当一个国家的经济水平还处于较低阶段的时候, 环境污染程度相对较轻; 然后随着经济的不断快速发展, 环境污染将一步步加重; 但当该国的经济发展达到一定程度后, 整体环境质量反而会随着经济增长而逐渐得到改善。即在国民收入达到转折点之前, 经济收入每增加一个单位, 某些污染物的增加幅度会超过一

个单位; 在转折点之后, 某些污染物的下降程度会超过收入的增长幅度, 也就是经济发展水平和某些污染物呈“倒 U 型”关系。



经济增长与环境质量的关系示意图见图 1。当人类活动给环境所带来的压力超过 L_1 时, 如果这时政府和民众还不及时采取有效措施来对环境进行保护的话, 那么环境系统很有可能面临崩溃的局面。此时, 经济增长与环境质量的关系便会呈现 ABCD 曲线走势, 而不是 ABCTEF 曲线走势; 同时, 非常值得关注的是环境“承载阈值”并不是固定的、静态的, 它会随着环境质量状况的恶化而不断降低, 这意味着环境对经济增长的负面影响的时间会随着环境质量状况的恶化而提前。

2 模型建立

2.1 一般的 EKC 模型

从国内外已有文献来看, 一般的 EKC 模型形式为^[2-4]:

第一作者: 姚焕玖, 女, 1977 年生, 博士, 副教授, 主要从事环境评价以及 GIS 在环境中的应用研究。

* 广西环境保护“十二五”规划前期研究课题《广西环境保护“十二五”规划目标和指标体系研究》成果。

$$y_1 = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + u \quad (1)$$

式中: y_1 为环境污染指标; x 为人均 GDP; u 为随机扰动项; a_0 、 a_1 、 a_2 和 a_3 均为待估参数。

(1) 当 $a_1 \neq 0$ 、 $a_2 = a_3 = 0$ 时, y 和 x 为线性关系。

(2) 当 $a_1 > 0$ 、 $a_2 < 0$ 、 $a_3 = 0$ 时, y 和 x 为“倒 U 型”二次曲线关系。

(3) 当 $a_1 < 0$ 、 $a_2 > 0$ 、 $a_3 = 0$ 时, y 和 x 为“U 型”二次曲线关系。

(4) 当 $a_1 > 0$ 、 $a_2 < 0$ 、 $a_3 > 0$ 时, y 和 x 为“N 型”三次曲线关系。

(5) 当 $a_1 < 0$ 、 $a_2 > 0$ 、 $a_3 < 0$ 时, y 和 x 为“倒 N 型”三次曲线关系。

(6) 当 $a_1 = 0$ 、 $a_2 = 0$ 、 $a_3 = 0$ 时, 表示环境污染不受经济水平的影响, 两者之间没有关系。

2.2 扩展的 EKC 模型

根据 GROSSMAN 和 KRUEGER 对北美自由贸易协议 (NAFTA) 环境效应得出的结论, 经济增长对环境质量的影响主要表现在规模效应、结构效应和技术效应 3 个方面。在此基础上, 对一般的 EKC 模型进行扩展, 由于经济增长必然会导致对环境资源需求的增加, 同时向环境中排放各种废弃物的存量也会不断增加, 即经济增长会导致环境资源持续损耗和环境逐渐破坏^[6]。因此, 用非农业人口的人口密度和人均 GDP 来表示规模效应对环境质量的影响; 用第二产业产值占全部产值的比重表示结构效应对环境质量的影响; 用专利申请数表示技术效应对环境质量的影响; 同时增加政策效应变量, 用污染源治理投资额代表政策强度和政府政策导向。故扩展的 EKC 模型可以表示为:

$$\ln H_{it} = a_i + b_1 \ln y_{it} + b_2 \ln y_{it}^2 + b_3 \ln y_{it}^3 + b_4 \ln G_{it} + b_5 \ln FN_{it} + b_6 \ln ZL_{it} + b_7 \ln TZ_{it} + u_{it} \quad (i=1, 2, \dots, 15; t=2001 \text{ 年}, 2002 \text{ 年}, \dots, 2008 \text{ 年}) \quad (2)$$

式中: H 为环境污染变量; i 为个体单位, 这里指自治区、市、县; t 为时间序列; a 为截面效应; b_1 、 b_2 、 b_3 、 b_4 、 b_5 、 b_6 、 b_7 均为待估参数; y 为人均 GDP; G 为产业结构变化, 本研究指第二产业产值占全部产值的比重; FN 为非农业人口的人口密度; ZL 为专利申请数, 表示技术进步; TZ 为污染源治理投资额, 表示政策强度。

3 经济增长与环境质量实证分析

实证分析分为 2 部分, 其一为环境污染变量对人均 GDP 的 EKC 分析, 反映环境污染变量和人均

GDP 的关系; 其二为基于扩展 EKC 模型分析, 反映环境污染变量和其他指标的关系。本研究所用软件为 DPS、SPSS 和 Eviews6.0。

3.1 EKC 分析

根据广西经济发展与环境污染主要相关指标数据, 以人均 GDP 衡量经济发展, 分别以工业废水排放量 (E_{water} , 万 t)、工业废气排放量 (E_{gas} , 亿 m^3)、工业 SO_2 排放量 (E_{SO_2} , 万 t)、工业固体废弃物排放量 (E_{waste} , 万 t)、 NO_x 浓度 (c_{NO_x} , mg/m^3)、COD 排放量 (E_{COD} , 万 t)、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排放量 ($E_{\text{NH}_3\text{-N}}$, 万 t) 来衡量环境污染, 利用相关软件分别估算广西 2001—2008 年主要的 7 个 EKC, 从而得出广西可能大致在哪个时间段出现 EKC 所描述的转折点 (见图 2, 图上仅标出了较具代表性的数据所指代的年份)。

由图 2 可知, 大部分指标已经处于 EKC 的关键转折点, 比较明显的指标有 E_{SO_2} 、 E_{waste} 、 E_{COD} 、 $E_{\text{NH}_3\text{-N}}$; 所对应的人均 GDP 大致在 7 023~11 906 元, 对应的时间大致在 2004—2007 年。只有 E_{water} 对人均 GDP 的 EKC 的关键转折点还未来到。根据 E_{water} 对人均 GDP 的 EKC 分析可知, 现阶段处在“倒 U 型”的左边, 广西在 2006 年随着环保力度的加大和国家政策的影响, E_{water} 有所减少, 其后随着经济的发展和企业数量的增加, E_{water} 又有所上升, 因此其关键转折点还未来到, 即随着经济的发展, E_{water} 还有可能增长。根据 E_{gas} 、 E_{SO_2} 、 E_{waste} 、 c_{NO_x} 、 E_{COD} 、 $E_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 等 6 个指标对人均 GDP 的 EKC 分析可知, 现阶段处于“倒 U 型”的右边, 也就是处在环境污染随经济发展而不断改善的阶段, 即随着国民经济的发展, 此类污染指标将会逐步处于较平稳状态, 且总体上有下降的趋势, 环境会不断得到改善。

3.2 扩展 EKC 面板模型分析

目前, 扩展 EKC 面板模型的应用研究主要是基于 Hausman 检验的固定效应和随机效应模型^[6]。Hausman 检验结果表明, 7 个方程均适合使用随机效应模型, 结果见表 1。

由表 1 可知, $\ln E_{\text{water}}$ 、 $\ln E_{\text{gas}}$ 、 $\ln E_{\text{SO}_2}$ 、 $\ln E_{\text{waste}}$ 、 $\ln c_{\text{NO}_x}$ 、 $\ln E_{\text{COD}}$ 、 $\ln E_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 均与专利申请数负相关, 且截面效应均为正。其中, $\ln E_{\text{water}}$ 、 $\ln E_{\text{gas}}$ 、 $\ln E_{\text{SO}_2}$ 、 $\ln E_{\text{waste}}$ 、 $\ln c_{\text{NO}_x}$ 、 $\ln E_{\text{COD}}$ 、 $\ln E_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 均与第二产业产值占全部产值的比重、污染源治理投资额正相关, $\ln E_{\text{water}}$ 、 $\ln E_{\text{gas}}$ 、 $\ln E_{\text{SO}_2}$ 、 $\ln c_{\text{NO}_x}$ 、 $\ln E_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 与非农业人口的人口密度负相关, $\ln E_{\text{waste}}$ 、 $\ln E_{\text{COD}}$ 与非农业人口的人口密度无关。

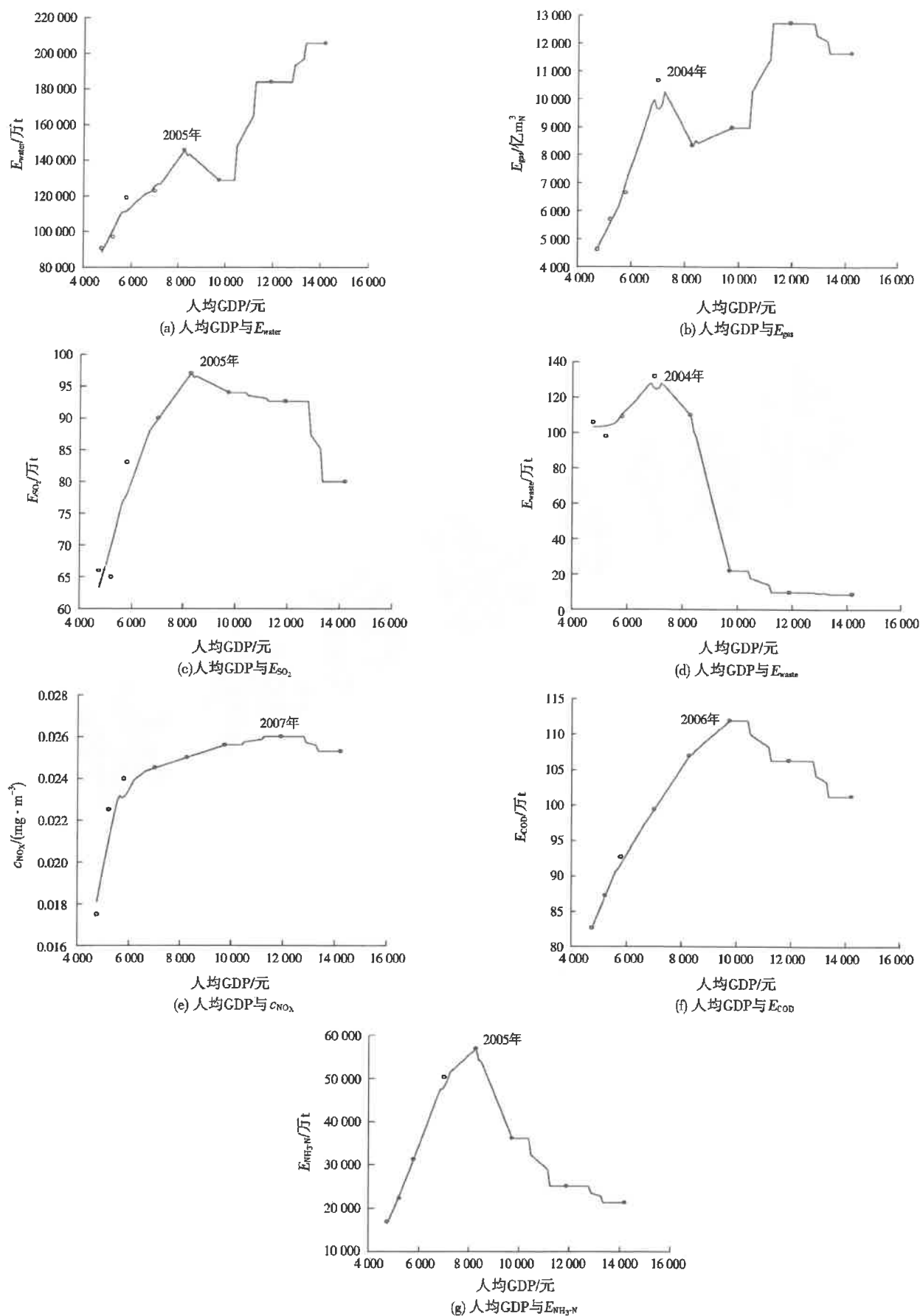


图2 2001—2008年人均GDP与各污染指标的EKC

表 1 基于 Hausman 检验的随机效应模型的回归结果¹⁾

项目	$\ln E_{\text{water}}$	$\ln E_{\text{gas}}$	$\ln E_{\text{SO}_2}$	$\ln E_{\text{waste}}$	$\ln c\text{NO}_x$	$\ln E_{\text{COD}}$	$\ln E_{\text{NH}_3\text{-N}}$
α	9.46 (14.40*)	5.20 (17.30*)	10.60 (21.50*)	8.20 (15.70*)	15.31 (32.80*)	12.90 (22.60*)	9.70 (12.90*)
$\ln y$	0.23 (2.41***)	0.41 (4.56*)	0.65 (6.38*)	0.39 (4.39*)	0.27 (2.16***)	0.76 (7.21*)	0.31 (5.82*)
$\ln y^2$	0.13 (1.02***)	0.35 (2.82**)	0.22 (1.63***)	0.14 (0.72)	0.08 (2.12***)	0.30 (1.90***)	0.22 (1.57***)
$\ln y^3$	-0.32 (-4.22*)	-0.57 (-1.95)	-0.11 (-1.65)	0.07 (0.82)	-0.41 (-6.32*)	-0.03 (-1.21)	-0.32 (-3.62)
$\ln G$	0.64 (2.10*)	0.37 (1.80*)	0.52 (2.60*)	0.88 (1.96*)	0.62 (2.39*)	0.81 (2.41*)	0.56 (1.72*)
$\ln ZL$	-0.15 (-1.13**)	-0.46 (-2.74*)	-0.13 (-1.25*)	-0.15 (-1.61*)	-0.11 (-1.72**)	-0.36 (-1.61*)	-0.21 (-2.75*)
$\ln FN$	-0.12 (-1.50***)	-0.61 (-0.83**)	-0.25 (-1.51**)	-0.14 (-0.32)	-0.12 (-0.83**)	-0.09 (-1.13)	-0.16 (-1.75**)
$\ln TZ$	0.06 (2.15*)	0.27 (2.12*)	0.12 (1.60*)	0.71 (1.22**)	0.06 (2.71*)	0.06 (2.40*)	0.17 (1.30*)
μ	0.45	0.65	0.50	0.55	0.15	0.35	0.45

注:1)括号内数值为估计系数的 t 统计值,其中***、**、* 分别代表 P 为 1%、5%、10% 的显著性水平。

$\ln E_{\text{water}}$ 、 $\ln E_{\text{gas}}$ 、 $\ln E_{\text{SO}_2}$ 、 $\ln E_{\text{waste}}$ 、 $\ln c\text{NO}_x$ 、 $\ln E_{\text{COD}}$ 、 $\ln E_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 这 7 个指标均与专利申请数负相关,很好地表现了科技在环境保护方面的巨大作用。通过较先进的科技手段,可以很好地治理环境问题,同时科技也可以促进现代社会实现良性循环的重要手段。技术进步提高了能源和资源的利用效率,在相应条件下,可以减少资源的损耗和企业的污染。在高科技的支持下,通过清洁生产工艺可减少环境破坏程度和资源消耗量,同时解决历史积累的环境问题,环境质量逐渐得到好转。

$\ln E_{\text{water}}$ 、 $\ln E_{\text{gas}}$ 、 $\ln E_{\text{SO}_2}$ 、 $\ln E_{\text{waste}}$ 、 $\ln c\text{NO}_x$ 、 $\ln E_{\text{COD}}$ 、 $\ln E_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 这 7 个指标均与第二产业产值占全部产值的比重正相关,这也是比较符合人们的正常思维和经济逻辑。工业产值占第二产业的比重越大,工业污染物排放量就越大,对环境的污染也就会越大。通过一些实证模拟可证明,影响环境质量的另一个非常重要的因素便是产业结构。产业结构对经济增长存在着重要的影响,这种影响表现在当产业结构及其变化适应经济增长的时候,会促进经济的持续增长,而当产业结构不够合理时,将阻碍经济的持续增长。

$\ln E_{\text{water}}$ 、 $\ln E_{\text{gas}}$ 、 $\ln E_{\text{SO}_2}$ 、 $\ln E_{\text{waste}}$ 、 $\ln c\text{NO}_x$ 、 $\ln E_{\text{COD}}$ 、 $\ln E_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 这 7 个指标均与污染源治理投资额正相关,这似乎与经济逻辑的正常思路相反。在一般情况下,治理污染投入越多,各种工业排放量似乎应该就减少,环境也就愈为改善。然而在本研究,工业污染物的排放与污染源治理投资存在“倒逼机制”行为,

即存在着当工业污染物排放量增加→环境污染有严重趋势→政府污染治理投入就会逐渐增加→环境随之得到改善→政府减少污染治理投入(表明政府监督管理力度在逐渐弱化,表现为有关部门的内部理性。同时,国家也会因为环境质量在长期时间内变得较好而必然减少污染治理投入,也就会势必减少某些部门的待遇)→工业污染物排放量逐渐增加(企业污染物排放会减少企业内部成本,所以,一有机会便会增加“三排”,这对于企业来说便是提高收益)的恶性循环。正是因为政府相关管理部门和企业各自站在自己的立场上来独立行事,没能较好地协调运作和缺少对整个环境质量改善的使命感,同时也因为政府和企业权利和义务上的不对等,没有较好的奖惩机制等制度安排,这种“倒逼机制”就会一直存在下去,这也就导致 $\ln E_{\text{water}}$ 、 $\ln E_{\text{gas}}$ 、 $\ln E_{\text{SO}_2}$ 、 $\ln E_{\text{waste}}$ 、 $\ln c\text{NO}_x$ 、 $\ln E_{\text{COD}}$ 、 $\ln E_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 等 7 个指标均与污染源治理投资额正相关。

$\ln E_{\text{water}}$ 、 $\ln E_{\text{gas}}$ 、 $\ln E_{\text{SO}_2}$ 、 $\ln E_{\text{waste}}$ 、 $\ln c\text{NO}_x$ 、 $\ln E_{\text{COD}}$ 、 $\ln E_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 这 7 个指标均与非农业人口的人口密度呈现出微弱的负相关关系,这表明产业升级带动的就业方向更加理性以及人们对于环境条件的要求在不断提高;人口越是密集的地方,政府严格控制环境质量的力度也就会越大,重污染企业的规划布局就越是可能远离人口密集区, $\ln E_{\text{water}}$ 、 $\ln E_{\text{gas}}$ 、 $\ln E_{\text{SO}_2}$ 、 $\ln E_{\text{waste}}$ 、 $\ln c\text{NO}_x$ 、 $\ln E_{\text{COD}}$ 、 $\ln E_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 这 7 个指标的值就越小。

(下转第 83 页)