

江苏省环境库兹涅茨曲线特征及其成因分析^{*}

夏自兰¹, 赵小凤², 王继军^{1,3}

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 南京大学 地理与海洋科学学院, 南京 210093;
3. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘 要:江苏省“环保优先”的经济社会发展理念的提出,首次把生态建设和环境保护置于经济社会发展的优先位置。运用 EKC 理论模型,探讨江苏省环境污染同经济发展的变化关系,得出:江苏省工业废气排放量和固体废弃物产生量分别处于“倒 U 型”和“U 型”EKC 的上升阶段,工业废水排放量随经济发展缓慢增长,环境污染综合状况随经济增长而恶化。同时运用灰色关联分析法定量研究了这种变化规律的内在成因,结果表明:江苏省环境污染变化的主要影响因子包括产业结构、环保科技发展程度、国际贸易、环境保护政策以及城市发展。

关键词:江苏省; EKC; 环境污染; 经济发展; 灰色关联

中图分类号: X171

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)01-0198-04

Analysis of Character and Causation of the Environmental Kuznets Curve (EKC) in Jiangsu Province

XIA Zi-lan¹, ZHAO Xiao-feng², WANG Ji-jun^{1,3}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. School of Geographic and Oceanographic Science of Nanjing University, Nanjing 210093, China;
3. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract Jiangsu province put forward the new policy of ‘priority of environmental protection’, which gave the priority to environmental protection during economic and social development. This paper firstly took the EKC model as a guide, explored the relationship between the environment and economic development in Jiangsu province, the conclusion was that: the industrial emissions and volume of solid waste in Jiangsu province were in the rising phase of the ‘inverted U - type’ and ‘U - type’ EKC, emissions of industrial wastewater were in a slow growth with the economic development, comprehensive environmental pollution situation were in the state of deterioration with the economic growth. Secondly, with the use of gray relative analysis method, this paper studied the internal causes of the relationship, results showed that: the main factors which impact of environmental changes in Jiangsu province included industrial structure, technological development of environmental protection, international trade, environmental protection policies, as well as the level of urbanization.

Key words Jiangsu province; EKC; environmental pollution; economic development; gray relative

江苏地处长江三角洲,位于我国沿海开发和沿江开发构成的“T”字形开发战略的结合点。20 世纪 90 年代江苏实行沿海开发战略以来,经济发展迅速,到 2006 年,江苏的 GDP 总量占据全国 10.3 %

的经济总量。然而,江苏省经济持续高速增长一定程度上是以牺牲环境为代价的:环境负载率高达 23.16,远高于世界大多数国家^[1]。“十一五”奋斗目标中,江苏省提出了“环保优先”的社会经济发展新

^{*} 收稿日期:2009-08-16

基金项目:江苏省环境保护厅项目“江苏省环境宏观战略研究”;“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD09B10)

作者简介:夏自兰(1986-),女,河南信阳人,硕士研究生,研究方向:土地资源利用与管理。E-mail:chuanxia19860713@163.com

通信作者:赵小凤(1978-),男,湖北荆门人,博士生,研究方向:土地利用与规划。E-mail:zhao-xf@126.com

理念 ,首次把积极的生态建设和环境保护置于经济社会发展全局的优先位置^[2]。为此 ,需要弄清江苏省工业化进程中经济增长与环境变迁之间的关系及其环境污染变化的主要社会经济因素之所在。

1 研究方法 with 资料来源

1.1 研究方法

运用环境库兹涅茨曲线 (EKC) 理论模型结合 SPSS 软件的模型拟合功能探讨江苏省工业化进程中经济增长与环境变迁之间的关系 ,运用灰色关联分析方法研究其成因。

20 世纪 90 年代初美国经济学家 Grossman 和 Krueger^[3] 提出了描述环境污染与经济发展之间演替关系的环境库兹涅茨曲线 (EKC) 理论。它假定 ,如果没有一定的环境政策干预 ,一个国家或区域的环境污染随着经济的增长先恶化越过转折点后逐步改善 ,即环境污染变动趋势与经济发展变动趋势间呈现倒“U”型关系。后来经过大量学者实证研究的完善 ,EKC 的形式除了典型的倒 U 型外 ,还有直线型、N 型以及 U 型等形式^[4-11]。

灰色关联分析方法是根据各相关因素的时间序列曲线的几何相似程度 ,做发展态势的分析 ;曲线几何形状越接近 ,相应序列间的关联度就越大 ;反之就越小^[12]。灰色关联度的计算可直接通过 DPS 软件中的灰色关联分析功能实现 ,其中分辨系数的选取原则参见参考文献[13]。

1.2 资料来源

数据来源于江苏省环境统计资料 (1986 - 2006)、中国经济年鉴 (1991 - 2006)、中国统计年鉴 (1991 - 1998)、江苏省统计局网站 (1999 - 2006)。

2 江苏省环境库兹涅茨曲线模拟分析

2.1 指标选取

江苏省是我国的工业大省 ,其环境污染主要来源于工业污染 ,因此选取江苏省工业“三废”指标表征其环境污染状况 ;经济增长指标选取江苏省 1986 - 2006 年人均 GDP (表 1)。

2.2 计量模型的选择及拟合结果

EKC 研究中环境质量 (污染水平) 和经济增长 (收入) 的一般模型的形式如下 :

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 X^2 + \alpha_3 X^3 + \alpha_4 Z + \varepsilon_t \tag{1}$$

在实际模型构建中 ,影响收入的其他因素 Z 项在计算和模拟过程中常忽略不计 ,国内外学者通常选用的简化模型有 :

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 X^2 + \varepsilon_t \tag{2}$$

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 X^2 + \alpha_3 X^3 + \varepsilon_t \tag{3}$$

$$Y = e^{bX} \tag{4}$$

$$\ln Y = \alpha_0 + \alpha_1 \ln X + \varepsilon_t \tag{5}$$

式中 :Y —— 环境污染指标 ;X —— 收入 (一般用人均 GDP) ; α_0 —— 常数 ; α_k —— 系数 ;Z —— 除收入之外影响环境的其他因素 ; ε_t —— 误差项。

表 1 江苏省 1986 - 2006 年经济增长及“三废”污染指标

年份	人均 GDP (元/人)	工业废水 排放量 / 亿 t	工业废气 排放量 / 亿标 m ³	工业固体 废物产生 量/ 万 t
1986	1188.1	22.34	4431.22	1850.00
1987	1452.9	23.46	4456.52	2102.00
1988	1877.6	24.34	5081.81	2320.00
1989	2022.5	23.40	5172.25	2274.00
1990	2093.3	23.35	5047.24	2200.00
1991	2339.9	23.96	5765.75	2365.00
1992	3090.7	22.48	5352.20	2450.00
1993	4303.2	21.16	3933.52	2323.00
1994	5779.3	21.16	5772.14	2725.00
1995	7295.8	22.02	7872.11	2883.00
1996	8444.6	21.97	7450.81	2891.00
1997	9345.9	22.01	8164.24	2857.00
1998	10024.4	20.29	7487.85	2944.00
1999	10672.0	20.11	8354.93	2896.55
2000	11713.5	20.19	9078.20	3038.00
2001	12932.7	27.10	13343.99	3553.01
2002	14404.3	26.27	14286.46	3796.00
2003	16825.7	24.75	14632.69	3893.70
2004	20871.0	26.35	17818.42	4672.53
2005	24490.8	26.58	20196.58	5757.37
2006	28670.9	28.72	24880.86	7195.00

模型 (5) 实际上是模型 (4) 两边取对数后的变形 ,因此本文在统计分析软件 SPSS 中分别对模型 (2)、(3)、(4) 进行模拟 ,并根据曲线的拟合度及参数检验的显著性结果来选取模型。从 SPSS 软件输出结果看 :

工业废水排放量与经济增长之间三种模型拟合结果都不理想 ,其中拟合优度 (R^2) 最高的也只有 0.631 (三次函数模型) ,从拟合图 (图 1) 也能直观地看出三种模型的拟合结果。

工业废气排放量与经济增长之间三种模型拟合结果中 ,三次函数模型拟合最理想 (拟合优度达到 0.973 ,F 检验值 200.797 ,通过检验 ,弃真概率 P 值小于 0.01) ,根据参数估计结果 ,得出工业废气排放量 (Y) 与人均 GDP (X) 的函数关系为 : $Y = 4672 - 0.27 X + 5.373 E - 5 X^2 - 1.011 E - 9 X^3$,根据最优拟合结果 ,得到其环境库兹涅茨曲线如图 2。

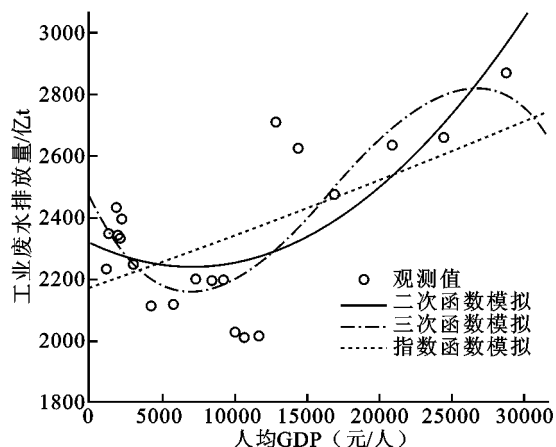


图 1 工业废水排放量与人均 GDP 三种模型拟合结果

工业固体废弃物产生量与经济增长之间三种模型拟合结果中仍然是三次函数模型拟合最理想(拟合优度达到 0.989, F 检验值 526.728 通过检验,弃真概率 P 值小于 0.01),根据参数估计结果,得出

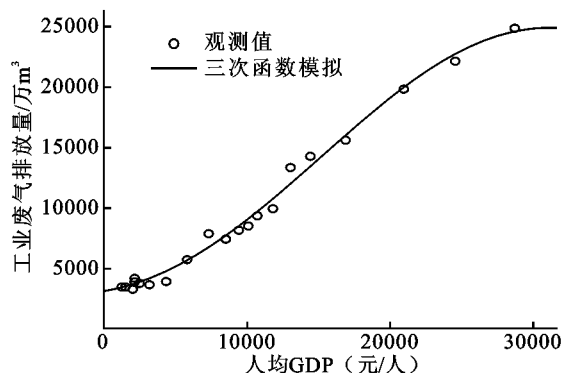


图 2 工业废气排放量与人均 GDP 最优拟合结果

EKC 理论指出,EKC 在到达一定的转折点(人均 GDP 4 000~5 000 美元)后,经济的增长有助于环境质量的改善。2006 年江苏省的人均 GDP 已经接近这个标准,但是环境污染的综合状况却没有像典型的“倒 U 型”EKC 那样越过转折点呈现好转的趋势。况且,“倒 U 型”EKC 只是环境污染随经济发展变化的一种经验模型,并不能说明环境状况变化的必然趋势。以环境污染为代价的高速经济增长以及政府和社会的不作为绝不会促进环境状况的改善。江苏省依据本省的特殊省情,在全国率先提出“环保优先”的新战略方针,是突破经济发展瓶颈的迫切要求,也是适应环境保护新形势的迫切需要。

3 江苏省环境库兹涅茨曲线成因的灰色关联分析

为了进一步探讨江苏省环境库兹涅茨曲线成因,本文计算环境污染的经济影响因子(表 2)与环境质量状况之间的灰色关联度,探索江苏省环境污

工业固体废弃物产生量(Y)与人均 GDP(X)的函数关系为: $Y = 1967 + 0.128X - 4.325E - 6X^2 + 2.177E - 10X^3$,根据最优拟合结果,得到其环境库兹涅茨曲线如图 3。

以上通过对工业“三废”污染指标同人均 GDP 之间进行模型的建立及拟合,得出工业“三废”污染同经济增长各自的变化关系:江苏省工业废气排放量处于“倒 U 型”EKC 左半部的上升阶段,在研究期末(2006 年)刚刚出现转折点;固体废弃物产生量处于“U 型”EKC 的右半部的上升阶段,且到研究期末仍处于加剧趋势;工业废水排放量同人均 GDP 之间不符合 EKC 的某种形式。由表 1 可知,同废气排放量和固体废弃物产生量相比,废水排放量在一个较小的范围内变动,总体上呈现较平稳的变化趋势。考虑到工业“三废”的综合情况,得出:江苏省环境污染综合状况随经济增长而恶化。

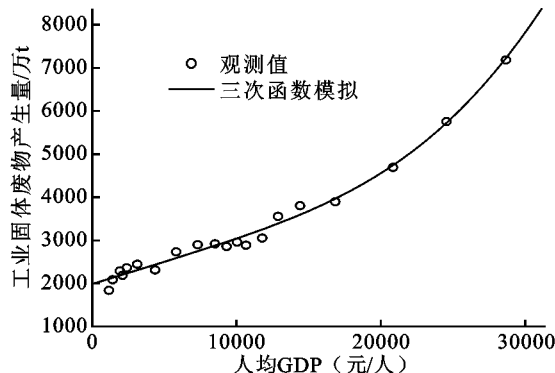


图 3 工业固体废弃物产生量与人均 GDP 最优拟合结果

染的主要经济影响因素,剖析江苏省环境库兹涅茨曲线形成的深层次原因。

利用表 2 的数据,采用灰色关联分析法对江苏省环境污染指标与其各影响因子的关联程度进行实证分析。结果表明:工业废水排放量与各影响因子的关联度较大的为第三产业比重($r = 0.72$)、工业比重($r = 0.71$)环境科研人员从业人数($r = 0.57$)。由此可知产业结构及环保科技发展程度是影响江苏省工业废水排放量的主导因素。同时由图 2、3 已经得到,江苏省近 20 a 来,与废气污染和固体废物污染呈现的加剧趋势相比,废水排放量的变化相对平稳。这说明江苏省产业结构的调整尤其是第三产业的发展在很大程度上减缓了工业废水对水环境的污染。第三产业是三类产业中污染最小的产业,加快三产发展势必有利于循环经济的发展。另外,环保科技的发展、环境污染治理技术的提高也在一定程度上遏止了废水污染状况逐渐恶化的趋势。而工业比重的增加则加剧废水污染状况。

表 2 江苏省环境状况的影响因素指标

年份	经济规模	经济结构		城市发展	国际贸易	环保投资	环保科技	技术进步	环保政策
	GDP 总量/ 亿元	工业比 重/ %	第三产业 比重/ %	城市 化率/ %	外商直接 投资/ 亿美元	工业污染治理 投入额/ 亿元	环境科研人 员从业人数	单位 GDP 能耗 *	排污费 征收额/ 亿元
1991	1601.38	45.3	28.9	23.2	2.33	2.36	3994	3.61	1.73
1992	2136.02	47.7	29.2	23.8	14.03	3.52	4556	2.95	2.01
1993	2998.16	48.4	30.3	24.0	30.02	4.07	4759	2.21	2.15
1994	4057.39	49.3	29.2	24.7	41.78	4.22	4909	1.81	2.36
1995	5155.25	47.9	30.5	27.3	47.81	5.42	5672	1.56	2.64
1996	6004.21	45.9	32.3	27.3	49.98	4.69	5672	1.35	2.82
1997	6680.34	45.2	33.4	29.9	57.90	8.06	5672	1.20	2.87
1998	7199.95	43.9	34.9	31.5	68.33	23.33	6553	1.13	4.35
1999	7697.82	44.0	35.6	34.9	63.99	11.07	6637	1.06	4.95
2000	8582.73	44.8	35.9	41.5	64.24	13.11	7433	1.00	5.11
2001	9511.91	44.9	36.5	42.6	71.22	10.35	7770	0.93	6.36
2002	10631.75	45.9	36.7	44.7	103.68	7.54	8136	0.90	6.88
2003	12460.83	48.2	36.1	46.8	158.02	17.29	9074	0.89	7.85
2004	15512.35	50.2	34.6	48.2	121.39	22.10	8463	0.88	8.72
2005	18305.66	51.0	35.4	50.5	131.80	38.95	8631	0.92	11.33
2006	21645.08	51.3	36.3	51.9	174.29	28.00	9239	0.87	13.30

* 单位为万吨标准煤/ 亿元。数据来源: 中国经济年鉴(1991 - 2006)、中国统计年鉴(1991 - 1998)、江苏省统计局网站(1999 - 2006)。

工业废气排放量与外商直接投资的关联度最大($r=0.67$), 其次是 GDP 总量($r=0.64$) 和排污费征收额($r=0.63$)。江苏省外商直接投资额(FDI) 从 1991 年的 2 亿多美元逐年增加到 2003 年的 150 多亿美元, 尤其是进入新世纪以来, 江苏省的外商直接投资额增加迅猛(表 2), 这很大程度上导致了江苏省相应年间工业废气污染处于“倒 U 型”曲线的上升阶段(图 2)。而 2005 年以来江苏省工业废气排放量逐年增加的态势已经缓和(图 2), 这主要是由于随着经济的发展, 环境污染状况的恶化逐渐引起了环保部门的重视, 环保政策逐步完善, 排污费增收额逐年增加, 到 2005 年时涨幅明显增加。

工业固体废弃物产生量的主要影响因素是城市化率($r=0.73$)、环境科研人员从业人数($r=0.71$) 以及第三产业比重($r=0.61$)。而固体废弃物产生量目前仍处于“U”型环境库兹涅茨曲线的上升阶段(图 3)。这说明城镇人口的增加、城市规模的扩张和城市发展压力的过度增加使得城市垃圾日益增加, 固体废弃物的污染逐渐加重。第三产业的发展虽然在很大程度上遏制了废水污染加剧的趋势, 却并没有使得固体废弃物污染的逐步恶化状况得到好转。这主要是由于随着第三产业在经济中地位的不断提高, 其范畴也不断扩展, 产业结构的变化可能带

来污染结构的改变: 传统污染得到有效的控制, 但是新兴污染种类更加繁杂, 特别是高科技带来新的污染, 污染处理的技术更加复杂^[14]。

综合以上分析, 江苏省环境污染的主要影响因素有产业结构、环保科技发展程度、国际贸易、环境保护政策以及城市发展。而环境治理投入的产出效果差, 对改善环境污染状况的作用强度很小。

4 结 论

江苏省“三废”的库兹涅茨曲线并不都符合典型的倒“U”型特征, 其环境污染的综合变化状况随着经济增长呈恶化趋势, 到“十一五”时期, 江苏省人均 GDP 接近典型的“倒 U 型”EKC 的拐点, 但是环境综合状况并没有呈现好转趋势; 除经济增长本身外, 产业结构、环保科技发展程度、国际贸易、环境保护政策以及城市规模是影响江苏省环境污染的主导因子, 对其环境库兹涅茨曲线具有重要解释意义。

环境质量的改善并不会随经济增长而自动发生, 它依赖于全社会环保意识的提高、经济结构的调整、环境政策的实施和技术进步的支持。对江苏省而言, 产业结构的调整、环保科技的发展、政府的环境政策和合理的城市化进程可能是减缓环境恶化、改善环境质量最为重要的手段。

(下转第 206 页)

济、社会、生态环境指标体系及其所包含的参评因素是合理的,此指标体系可以用来评估其他涝洼地整治工程的实施对其所在项目区域产生的综合效应。

(2) 运用模糊数学法对涝洼地整治工程评估,可以发现项目的实施给当地的经济带来了很大的经济效益,给当地经济的发展带来了很大潜力。从结果中显示出淤改涝洼地为社会创造了巨大财富,并且有效地改善了当地区域的生态环境。这说明对于淤改涝洼地的综合效应评估,模糊数学法是可信的且能正确并客观评价工程对周边区域的综合效应。模糊综合评价法的结果可以为当地涝洼地的整治提供参照,并且也说明模糊数学法对沿黄涝洼地进行淤改整治工程的评价具有参照性。

(3) 黄河泥沙淤改造整治工程项目的实施给项目区及其周边地区,乃至整个区域的经济、社会的发展和环境的改善都带来了十分积极的影响。因此,本项目实施的成功也为其他沿黄涝洼地区的整治带来典范作用,为其他地域的涝洼地整治改造工程提供了科学依据。

参考文献:

[1] 董振国. 山东利用黄河泥沙实施“造地工程”[N]. 中国

特产报,2007-12-20(2)

- [2] 赵世来,薛儒生. 疏浚减淤,吹填固堤,造就相对地下河[J]. 中国水利,2000(12):42.
- [3] 廖恒. 山东黄河河务局率先利用黄河泥沙淤改沿黄涝洼地[EB/OL]. <http://news.sohu.com/20071205/n253813626.shtml>
- [4] 任彩银. 环境影响评价系统的开发与应用:以兴隆环境影响评价为例[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2004.
- [5] 李艳军. 模糊综合评价法在大型水利工程工期风险分析中的应用研究[D]. 大连:大连理工大学,2001.
- [6] 方统中,杜耘,蔡述明,等. 模糊数学在洪湖富营养化评价中的应用[J]. 浙江林学院学报,2008,25(4):517-521.
- [7] 杨文东. 武汉市大气环境质量评价模糊数学模型的研究:模糊综合评判法的研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2002.
- [8] 梁媛,蔡蓉,孙亚军,等. 基于 GIS 的地下水模糊数学评价法[J]. 江苏环境科技,2002,15(3):20-22.
- [9] 颜世强,王彦俊,刘桂义,等. 基于模糊数学的黄河山东段悬河稳定性评价[J]. 人民黄河,2008,30(1):10-13.
- [10] 潘峰,付强,梁川. 基于层次分析法的模糊综合评价在水环境质量评价中的应用[J]. 东北水利水电,2003,21(8):22-24.

(上接第 201 页)

参考文献:

- [1] 李加林,张正龙,曾昭鹏. 江苏环境经济系统的能值分析与可持续发展对策研究[J]. 中国人口·资源与环境,2003,(2):73-78.
- [2] 英剑波. 环保优先:江苏“十一五”经济社会发展新方针[J]. 环境经济,2006(4):43-47.
- [3] Grossman G, Krueger A. Economic growth and the environment[J]. Quarterly Journal of Economics, 1995,110(2):353-377.
- [4] Panayotou T. Demystifying the Environmental Kuznets Curve:Turning a Black Box into a Policy Tool[J]. Environment and Development Economics,1997(2):465-484.
- [5] Hettige H, Lucas B, Wheeler D. The Toxic Intensity of Industrial Production:Global Patterns Policy[J]. American Economic Review,1992,82:478-481.
- [6] Rock M. Pollution Intensity of GDP and Trade Policy: Can the World Bank Be Wrong[J]. World Development,1996,24:471-479.
- [7] 陆虹. 中国环境问题与经济发展的关系分析:以大气污染为例[J]. 财经研究,2000,26(10):53-59.
- [8] 吴玉萍,董锁成. 北京市环境政策评价研究[J]. 城市环境与城市生态,2002,15(4):21-26.
- [9] 王西琴,李芬. 天津市经济增长与环境污染水平关系[J]. 地理研究,2005,24(6):834-842.
- [10] 王宜虎,崔旭. 南京市经济发展与环境污染关系的实证研究[J]. 长江流域资源与环境,2006,15(2):142-146.
- [11] 李玉文,徐中民,焦文献. 环境库兹涅茨曲线研究进展[J]. 中国人口·资源与环境,2005,15(5):7-14.
- [12] 刘思峰. 灰色系统分析及其应用[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [13] 东亚斌,段志善. 灰色关联度分辨系数的一种新的确定方法[J]. 西安建筑科技大学学报:自然科学版,2008,40(8):589-592.