

经济增长与环境污染关系的实证研究

——以福建省为例

丁 昊

(厦门大学 经济学院, 厦门 361005)

【摘 要】 文章依据福建省 1995—2009 年多个环境污染指标, 建立环境污染指数, 运用非参数统计方法讨论了其与经济增长变量之间的相关性, 建立了二者之间存在的三次函数模型, 就函数形状与转折点进行讨论, 并随后增加了人口规模、进出口总额、产业结构等控制变量, 建立扩展环境库兹涅茨曲线 (EKO 模型)。得出福建省环境污染与经济增长之间不符合传统意义上的库兹涅茨曲线, 而是呈现出 U+ 倒 U 型波浪式环境库兹涅茨曲线特征。最后结合实际对模型加以改进, 提出了改善环境状况的对策与建议。

【关键词】 经济增长; 环境污染; 环境—收入库兹涅茨曲线

【中图分类号】 F124.5 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1004-2768(2012)06-0012-03

一、研究背景

改革开放以来, 依托毗邻台湾的地理优势以及率先对外开放的战略机遇, 福建省国民经济持续快速增长。但是伴随着福建省经济财力的不断增强, 建材、钢铁、化工、造纸等高耗能行业造成的大气污染、水域污染问题也日益凸显。

大量实证表明: 很多形式的污染与人均国民收入之间存在倒“U”关系, 起初逐步递增, 到达顶点, 然后下降。由于该形状很像 Kuznet (1995) 提出的收入不均衡时间系列曲线, 故人们定义该环境模式为环境库兹涅茨曲线 (Environmental Kuznets Curve, 以下简称 EKC)。若 EKC 存在于经济社会发展中, 那么在一定的转折点之后, 人均收入水平的提高或财富的增长有助于改善环境质量, 那么大力发展经济将处于必要且首要位置。

继 Grossman 和 Krueger 之后, Selden 和 Song 对大气污染的排放量进行了研究, 其结论是总悬浮颗粒物, 二氧化硫, 氮氧化物和二氧化碳的排放量与人均生产总值之间都存在倒 U 型——EKC 关系;^[1]Hilton 和 Levinson 研究了汽车尾气排放量与人均生产总值之间的关系, 其结果也表明了倒 U 的存在;^[2]美国哈弗大学 Panayotou 在研究经济增长与环境关系时, 以人均污染物的排放量代替污染物浓度作为环境因素的指数, 并且考虑了人口因素, 最终发现三种污染物与 GDP 均存在着倒 U 关系。^[3]

但有些学者认为, EKC 的形状不一定是倒 U 形, 在某个阶段, 曲线可能是倒 U 形, 也可能是水平, 甚至是弯曲的。Friedl 和 Cetzner (2002) 应用奥地利 1960—1999 年度经济增长与二氧化碳排放量的时间序列检验 EKC, 发现拟合最佳的是三次方程而不是普通的倒 U 型关系。^[4]沈满洪等通过对浙江工业化进程中的生态环境变迁状况计量发现了 KEC 的三次曲线形状。^[5]John A. List 等对美国各州倒 U 形 KEC 的具体符合情况的研究结果表明, 38 个州的二氧化硫符合二次曲线模型 (倒 U 形), 47 个州的氮氧化物符合三次曲线模型。^[6]

二、研究方法

(一) 研究方法

首先, 构建区域环境质量评价指标体系, 采用主成分方法计算 1995—2009 年福建省环境质量综合指数; 其次, 运用 Kendall 协和系数做环境质量综合指数与人均生产总值之间的一致性检验; 最后, 构建环境质量评价指标体系与人均生产总值的库兹涅茨曲线, 研究其两者之间的关系。

1. 主成分分析: 由于多个变量之间存在着一定程度的相关性, 通过线性组合的方式, 用较少的变量代替原来较多的变量, 即降维。

2. 一致性检验: 是依靠秩来检验多个变量之间有没有相关性的非参数统计方法, 是 Spearman 秩相关系数和 Kendall 相关系数的推广。

3. 环境库兹涅茨曲线: 在经济发展的最初阶段, 由于人口的迅速增加, 工业技术的落后以及资源的无度开发, 造成了环境污染的加剧, 随着经济的发展, 以科技进步为标志的产业经济发展对经济的贡献作用越来越显著, 人们控制环境污染的意识、能力和资金投入逐渐增加, 污染物排放逐步缓慢。

$$\ln(EN)_i = \alpha + \beta_1 \ln(AGDP)_i + \beta_2 \ln^2(AGDP)_i + \beta_3 \ln^3(AGDP)_i$$

其中 EN 表示环境污染指数, AGDP 表示人均生产总值, $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ 为个变量参数。

为了更进一步的研究其他因素是否影响环境——收入曲线, 本文添加了人口规模、进出口贸易、产业结构三个控制变量, 建立模型如下:

$$\ln(EN)_i = \alpha + \beta_1 \ln(AGDP)_i + \beta_2 \ln^2(AGDP)_i + \beta_3 \ln^3(AGDP)_i + \beta_4 \ln(\text{other})_i$$

其中 other 表示影响环境质量变化的其他控制因素。

(二) 指标体系和数据来源

区域环境质量评价指标体系的构建既涉及水环境质量、大

【收稿日期】 2011-12-19

【作者简介】 丁昊, 男, 甘肃天水人, 厦门大学经济学院, 研究方向: 应用统计学。

12

气环境质量及固体废弃物等方面的因素,又充分考虑各地区主要污染物排放量、污染物的处理能力,因此共选取 10 个指标:(1)水环境质量:工业废水排放总量,工业废水排放达标量;(2)大气环境因素:工业废气排放总量,工业二氧化硫排放量,工业烟尘排放量,工业粉尘排放量;(3)固体废弃物:工业固体废物产生量,工业固体废物综合利用率,工业固体废物储存量,工业固体废物排放量。

经济增长指标用人均生产总值度量,单位为元/人。人口规模指标用人口密度表示,为年末人口总数与该地区面积之比,单位为万人/平方公里。进出口贸易用进出口总额表示,单位为万元。由于工业产值的增加往往意味着对自然资源的过度采伐以及废弃污染物的增加,所以选取第二产业产值占总产值的比例为产业结构指标(见表 1)。

表 1 各类指标名称、单位及表示符号

序列	指标名称	单位	本文采用标记
1	环境质量评价指标		EN
2	人均生产总值	元/人	AGDP
3	人口密度	人/平方公里	ADP
4	进出口贸易总额	万元	IAE
5	产业结构	%	PER
6	工业废水排放总量	万吨	FSZ
7	工业废水排放达标量	万吨	FSP
8	工业废气排放总量	亿立方米	FQZ
9	工业二氧化硫排放量	万吨	SOP
10	工业烟尘排放量	万吨	YCP
11	工业粉尘排放量	万吨	FCP
12	工业固体废物产生量	万吨	FWC
13	工业固体废物综合利用率取倒数	1/%	LYR
14	工业固体废物储存量	/万吨	FWCC
15	工业固体废物排放量	万吨	FWP

以上数据指标数据均取自《中国统计年鉴(1997—2010)》和《福建省统计年鉴(1997—2010)》,为了避免数据的剧烈波动,消除可能存在的异方差,非平稳性,考虑到对时间序列进行对数化不改变时序数列,使数据平稳化,对以上数据均进行对数化处理。

三、实证结果与分析

1.主成分/因子分析。利用 SPSS 对 1995—2009 年数据进行的主成分/因子分析,其中前 4 个因子特征值 >1,累计方差贡献率 85.705%,说明这 4 个主因子能代表所有环境质量指标(见表 2)。

表 2 各年份因子得分及综合得分

年份	综合得分	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
1995	30555.13	43226.90	12320.68	4389.56	-14332.01
1996	20450.75	28832.57	6351.75	4313.25	-7322.42
1997	18649.11	26307.26	5497.47	4195.87	-6678.55
1998	19363.20	27237.13	5578.16	4528.54	-6216.89
1999	21485.31	30177.23	5365.89	5552.19	-5797.00
2000	25036.97	35215.92	5335.27	7327.53	-6855.17
2001	43028.62	60462.72	3258.11	15751.26	-5503.55
2002	667173.66	920069.30	271640.19	-163831.59	269364.11
2003	46554.89	65518.04	8288.67	13959.25	-10762.50
2004	54489.00	76675.92	9813.41	16297.83	-12656.18
2005	62177.96	87475.83	11255.63	18604.56	-14361.54
2006	61207.62	86084.56	11085.83	18274.38	-13844.20
2007	65870.75	92632.30	11835.48	19665.26	-14633.69
2008	67688.08	95202.90	12030.43	20260.69	-15027.63
2009	69579.24	97835.97	12527.89	20775.75	-15397.84

从各个年份环境污染综合得分来看,1995—2009 年的得分大体呈现出逐年增加的趋势,即表明随着年份的增加,由水质污染、大气污染、固体污染组成的环境污染指数变大,环境污染日益严重。但是,我们还需要对污染指数、经济增长、人口密度、进出口贸易和产业结构之间进行必要的一致性检验,即检验者多个变量之间的相关性。

2.相关性和一致性检验。将数据分为五个区组,即环境污染

指数、人均 GDP、人口密度、进出口总额、产业结构。分别取对数消除平稳性后,表示为 LN(EN),LN(AGDP),LN(ADP),LN(IAE),LN(PER)。由于不能肯定这五个变量是否存在线性性,因此不能采用传统的以矩相关性来度量的线性相关性,运用非参数统计中广泛使用的基于秩统计量的 Kendall- τ 相关系数检验(见表 3)。

表 3 相关性检验

	LN(AGDP)	LN(ADP)	LN(IAE)	LN(PER)
LN(EN)	0.714	0.714	0.638	0.663

由结果可看出来,人均生产总值、人口密度、进出口贸易总额、产业结构均与污染指数有较强的相关性。

一致性检验是基于 FRIEDMAN 检验的基础上,考察多各变量之间其是否随着年份的增加呈现出显著递增的趋势(见表 4)。

表 4 一致性检验

自由度	统计量值	P 值
4	60.0000	>0.0001

运用 SAS 软件得出结果如下:在 5% 的显著性水平下拒绝原假设,接收备择假设,即说明随着年份的增加,环境污染指数、人均 GDP、人口密度、进出口总额、产业结构之间的一致性存在。

3.回归拟合。首先建立传统意义上环境—收入库兹涅兹曲线,即环境污染指数与经济增长(人均 GDP)之间的多元回归模型,为了避免伪回归的可能性,完成 GRANGER 因果关系检验:可知在 1% 的显著性水平下取 2 阶滞后阶数,人均生产总值、人口密度、进出口总额、产业结构均单向影响环境污染。本文采用二次和三次多项式分别进行回归模型(见表 5)。

表 5 福建省 1995—2009 年污染指数与人均 GDP 的模型模拟结果

模型	C(常数)	Ln(AGDP)的系数	Ln ² (AGDP)的系数	Ln ³ (AGDP)的系数	R ²	F 检验值
二次模型	-1.9339	1.7244	-0.0437	0	0.7692	19.9931
三次模型	1541.7129	-482.4075	50.4853	-1.7550	0.8995	32.8228

从二次拟合图中可以看出环境库兹涅兹曲线的存在,即为典型倒 U 型曲线,但模型 R² 为 0.769 2,模型拟合优度一般,转折点大致出现在 20 附近,这与现实事实严重不符。所以二次模型不能很好地反映人均 GDP 与环境污染之间的模型关系(见图 1)。

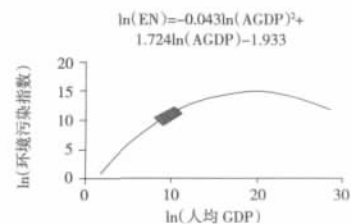


图 1 福建省 1995—2009 年人均 GDP 与环境污染指数二次关系

在三次模型中,人均 GDP 与污染指数的关系曲线表现为一个正 U 型而后加上一个倒 U 型(见图 2),可见与传统的倒 U 型 KEC 曲线不十分吻合,它应该是具有“弱倒 U+U 型”的波浪式以及倒 U 型曲线左侧的 EKC 特征。也即随着人均 GDP 的提高,其环境污染并非必然经历一段时期的上升后逐渐下降,还会出现反复的一个三次项,模型表示为:

$$\ln(EN) = 1541.7129 - 482.4075 \times \ln(\text{aGDP}) + 50.4853 \times \ln^2(\text{aGDP}) - 1.755 \ln^3(\text{aGDP})$$

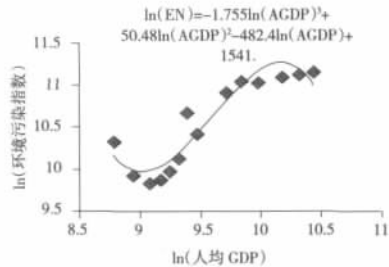


图2 福建省1995—2009年人均GDP与环境污染指数三次关系

扩展的EKC检验:本文在以上检验中分析了人均GDP与环境污染的曲线关系,但忽略了其他控制变量对环境—收入曲线的影响。因此在加入以上变量后重新建立函数关系,并与原模型进行对比,观察模型曲线形状和转折点是否发生变化以及变化程度,找出影响环境污染的决定因素。本文主要考虑三个控制变量:人口密度,进出口总额,产业结构。扩展模型如下:

$$\ln(EN)_t = \alpha + \beta_1 \ln(AGDP)_t + \beta_2 \ln^2(AGDP)_t + \beta_3 \ln^3(AGDP)_t + \beta_4 \ln(\text{other})_t$$

其中 other 表示新增解释变量。

表6 新增变量后模型模拟结果

新增变量	C(常数)	模型系数			新增变量 的系数	模型检验	
		$\ln(AGDP)$ 的系数	$\ln^2(AGDP)$ 的系数	$\ln^3(AGDP)$ 的系数		R ²	F检验值
$\ln(AIDP)$	1133.9333	-378.8032	38.7040	-1.3309	15.1510	0.9479	45.4515
$\ln(AIE)$	1423.4963	-445.4678	46.5997	-1.6194	0.1016	0.8997	22.4160
$\ln(PIER)$	537.7226	-171.1546	17.6196	-0.6034	6.8017	0.9384	38.1088

新增变量中,第一个模型的拟合程度较高,说明人口规模对环境污染的影响最为显著,且变量系数为正,说明较大规模的人口数量意味着更大的经济活动规模,更多的资源消耗与更多的污染排放,终而导致环境的恶化。进出口总额的拟合优度不高,但变量系数为正,说明进出口总额的增加也会带来一定程度污染的加剧。

产业结构增加依旧会带来环境污染的显著性增加。说明工业比重的增加,将直接导致污染物,包括废水、废弃、废物排放量的增加,环境质量下降。与原模型比较:(1)环境—收入曲线的形状未发生改变,三个扩展变量的曲线形状均为“U+倒U”波浪形曲线,由此我们可以认为即使在考虑了影响环境污染排放的系列控制变量的作用之后,污染物与人均GDP之间的曲线关系也没有发生较大变化,是一种较为稳定的环境—收入曲线;(2)环境—收入曲线的位置发生改变,加入人口规模后转折点是人均GDP为20000元左右,较原模型减少了5000元,加入进出口总额后转折点是人均GDP为也为20000元左右,较原模型减少了5000元,加入产业结构后人均GDP为25000元左右,与原模型较为接近。

四、结论与建议

(一)福建省环境—收入曲线不完全符合传统意义上的库兹涅兹曲线

在基本模型中,发现福建省环境污染与经济增长之间不完全符合一般的库兹涅兹曲线特征,而是“U+倒U”波浪形曲线形式。不同于发达国家的倒U形环境库兹涅兹曲线特征,也不

同于我国工业化过程中接近水平的弱环境库兹涅兹曲线的特征。可以认为随着人均收入水平的提高,污染量或人均污染量并非必然经历一段时期的上升后逐渐下降,还会出现反复的波动。

(二)选取控制变量的不同,得到的拟合结果可能不同

在基本模型中,只考虑人均GDP一个控制变量对环境的影响,而在扩展模型中,又加入了三个控制变量:人口规模、进出口贸易、产业结构。相同的数据,同种污染物在两个模型中的拟合结果不尽相同,改变了拟合曲线的转折点。所以,控制变量的选取影响着模型拟合结果。

通过对环境—收入库兹涅兹曲线拟合结果分析得知,福建省整体的环境问题还比较严峻,还需进一步采取积极措施来保护自然环境。环境与发展不可偏废,使环境问题在发展进程中得到控制应是我们最现实的选择。就此,本文对福建省经济发展与环境保护之间提出三点建议:(1)提高人口素质,控制外来人口。首先,计划生育,严格控制人口增长是我们必须要坚持的基本国策,人口数量的不断递增,造成环境压力过大,环境污染屡屡遭到破坏。所以控制人口增长是降低环境污染的直接途径。除外,提高人口素质,增大环保人数占总人数的比重,积极倡导正确的生活方式,引导其逐渐向生态化转变。(2)倡导节能减排,优化产业结构,大力发展环保低碳产业,生态化农业在工业化和城市化加速发展的今天,避免重化工业过度发展带来能耗高、物耗高、碳排放高等问题,我国需要发展高效低碳排放的产业。发展低碳经济,可以大力推进经济增长方式由粗放型向集约型转变,转向新型工业化道路,孕育高新技术产业。(3)控制进出口贸易,促进经济发展转型。第一,应进一步限制“高耗能、高污染、资源性”——两高一资产品的出口,降低能源密集型产品的出口规模。第二,发挥进口对节能减排的作用。从发达国家进口部分制成品来替代国内生产,具有明显的节能减排效益,也能有效地改善我国的“生态逆差”状况。第三,调整出口结构,积极扩大服务贸易出口。由于服务业所排放的污染远远小于制造业,鼓励扩大服务贸易出口可以优化贸易结构,有效减少国内的污染排放,改善“生态逆差”。

【参考文献】

- [1] Selden T, Song D. Environmental quality and development: It there a Kuznets curve for air pollution emission [J]. Journal of Environment Economics and Management, 1994 (35) : 126.
- [2] Hilton FGH, Levinson A. Factoring the environment Kuznets Curve: evidence from automotive emission [J]. Journal of Environment Economics and Management, 1998: 35- 41.
- [3] Panayotou. T Economic Growth and the environment Working Paper Center for International Development at Harvard University, 2000.
- [4] Brigit Friedal, Michale Getzner. Environment and growth in a small open economic an EKC case- study for Austrian CO₂ Emission. Discussion Paper of The College of Business Administration University of Klagenfurt, Austria, 2002.
- [5] 沈满洪, 许云华. 一种新型的环境库兹涅兹曲线 [J]. 浙江社会科学, 2000 (4) : 53- 57.
- [6] List J A, Gallet C A. The environmental Kuznets curve: does one size fit all? [J]. Ecological Economics, 1999, 31 (3) : 409- 423.

(责任编辑: Z 校对: F)