

基于岭回归法对“三废”排放 影响因素的研究

——以江西省为例

熊国经 董玉竹 宗瑾

(南昌大学经济管理学院, 江西南昌 330031)

【摘要】随着经济的快速发展,我国环境问题逐渐凸显。文章针对库兹涅茨曲线特征,采用岭回归方法,选用江西省1995-2014年“三废”排放量及GDP数据进行研究,发现江西省“三废”排放量与经济发展呈“N”型曲线关系,工业废水排放量和工业二氧化硫排放量主要受结构效应影响;工业废气排放量主要受规模效应影响;工业固体废物产生量受规模效应与结构效应影响程度相当;且只有固体废物治理投资水平对污染起到了抑制作用。从而得知,江西省环境治理投资效果不佳,应该合理投入环境治理资金,提高资金使用效率,实现“精准治理”。

【关键词】“三废”;库兹涅茨曲线;影响因素;岭回归

【中图分类号】F062.2 **【文献标识码】**A

【文章编号】1671-4407(2017)02-103-05

1 引言

改革开放以来,在经济高速发展的同时,环境质量问题日益显现,对人们生活质量和身体健康构成了严峻威胁。中共十八大五中全会公报首次以空前篇幅将生态环保纳入建成小康社会的愿景和全过程;“十三五”规划把生态环保放在了空前的高度,将“绿色发展”作为五大发展理念之一。

Grossman&Krueger 调查经济发展对环境质量的影响时,首次提出了倒“U”型环境库兹涅茨曲线。继而引起国内外学者相关研究,Selden&Song、Copeland等发现废气与收入之间也符合库兹涅茨曲线。Stem、Torras&Boyces发现颗粒悬浮物和二氧化硫等部分污染物与收入之间不总是符合库兹涅茨假说。Hoerl&Kennard、Bruyn等发现经济增长会促进二氧化碳、二氧化硫等的排放。Eugenio&Roberto提出市场机制可能是导致库兹涅茨曲线形成的重要原因。吴玉萍等、陈华文和刘康兵高素英等分别把计量模型、环境库兹涅茨曲线和岭回归分析方法用于研究经济增长与环境质量的关系,得到了较好的结果;张荣艳研究发现,河南省人均“三废”排放与人均GDP之间的关系并不都遵从标准的环境库兹涅茨曲线,而是呈现出“三次曲线”、倒“U”型和“凹函数”三种环境库兹涅茨类型;李水平和张丹研究发现,湖南省城镇化发展与6类污染指标呈现了“N”型、倒“U”型和倒“N”型关系。陈向阳对中国近十多年库兹涅茨曲线的变化进行分析,发现二氧化硫排放量和工业固体废弃物排放量呈倒“U”型,但人均GDP与工业废水排放量呈

“N”型；徐林庆和聂楠⁵¹用岭回归模型对污染物排放的空间集聚及影响因素进行分析，得到经济及人口增长会使得污染水平和污染集中度的提高，提出全国经济应合理布局，适度抑制经济的过度集中。

“十三五”是绿色低碳发展发展转型的关键期，2016年4月，195个国家一致通过《巴黎协定》。根据中国制定的目标，2020年的碳强度要比2005年下降40%~45%。为大幅降低碳强度，必须采取节能减排措施，减少主要来自煤炭和石油的燃烧所产生的以工业废气及二氧化硫为主的污染气体排放量。为了分析江西省环境质量与经济发展之间的关系，本文依据库兹涅茨曲线原理，研究江西省环境库兹涅茨曲线特征，并利用岭回归方法分析工业“三废”排放量的影响因素。通过本文的分析研究，对江西省治理“三废”排放、实现建设生态大省的绿色发展目标提出对策。

2 换增与方法的选择

2.1 库兹涅茨曲线

本文采用的库兹涅茨曲线环境模型为：

$$Y=\beta_0+\beta_1X+\beta_2X_2+\beta_3X_3+\varepsilon \tag{1}$$

其中： Y 为“三废”排放量或产生量； X 为人均GDP； β_0 、 β_1 、 β_2 、 β_3 为待定参数； ε 为随机误差项。根据模型中的参数值，判断环境质量与经济发展之间的关系有：

- (1)当 $\beta_1 \neq 0$ ， $\beta_2=0$ ， $\beta_3=0$ ，则环境质量与经济发展呈单调的线性关系；
- (2)当 $\beta_1 > 0$ ， $\beta_2 < 0$ ， $\beta_3=0$ ，则环境质量与经济发展呈倒“U”型曲线关系；
- (3)当 $\beta_1 < 0$ ， $\beta_2 > 0$ ， $\beta_3=0$ ，则环境质量与经济发展呈正“U”型曲线关系；
- (4)当 β_1 、 β_2 、 β_3 都不为0，则环境质量与经济发展呈三次函数关系(含“N”型和倒“N”型等)。

2.2 岭回归方法

岭回归分析法作为最小二乘法的一种改进方法，它从降低精度和损失部分信息角度，放弃了最小二乘法中的无偏性要求，仍可得到可靠、符合实际的估计，适用于存在共线性问题的数据研究，特别对于病态数据的拟合要强于最小二乘法。由于复共线性会导致 $\hat{X}^T\hat{X}$ 无接近奇异，从而使相应的正规方程成病态方程组，为此，对于标准化线性回归模型：

$$\bar{Y} = \bar{X} \beta + \varepsilon, E(\varepsilon) = 0, Var(\varepsilon) = \sigma^2 I \tag{2}$$

回归系数 β 的岭估计为：

$$\hat{\beta}(c) = (\tilde{X}^T \tilde{X} + cI)^{-1} \tilde{X}^T \tilde{Y} \tag{3}$$

其中： $c \geq 0$ 是一个待选参数，称为岭参数。

岭估计 $\hat{\beta}(c) = (\tilde{X}^T \tilde{X} + cI)^{-1} \tilde{X}^T \tilde{Y}$ 的第 j 个分量 $\hat{\beta}_j(c)$ ，当 c 在 $[0, +\infty)$ 上变化时，将 $\hat{\beta}_j(c)$ 的岭迹(图形)画在同一个直角坐标系内，选取使各岭迹大体上趋于稳定的最小的 c 值为最优岭参数值。

3 江两省“三废”排放的库兹涅茨曲线特征分析

运用时间序列数据构建环境污染与经济发展关系的模型，对江西省 1995-2014 年环境经济数据进行研究。本文选取了江西省工业废水排放量、工业废气排放量、工业二氧化硫排放量和工业固体废物产生董等环境指标以及江西省人均 GDP、第二产业占生产总值的比重和工业废水治理投资水平等经济指标。

参照库兹涅茨曲线模型对所收集的数据利用 SPSS19.0 软件进行曲线拟合，从而分析环境质最与经济发展之间的关系。

表1 EKC检验模型汇总和参数估计值

因变量	方程	模型汇总					参数估计值			
		R^2	F	$df1$	$df2$	$Sig.$	β_0	β_1	β_2	β_3
工业废水排放量	线性	0.433	13.770	1	18	0.002	49 629.381	0.704		
	二次	0.555	10.596	2	17	0.001	40 748.151	2.380	-4.768×10^{-5}	
	三次	0.587	7.574	3	16	0.002	48 876.715	0.026	0.000	-2.994×10^{-9}
工业废气排放量	线性	0.971	598.695	1	18	0.000	-80.797	0.500		
	二次	0.972	292.507	2	17	0.000	-453.513	0.570	-2.001×10^{-6}	
	三次	0.984	321.534	3	16	0.000	1 904.303	-0.112	4.485×10^{-5}	-8.684×10^{-10}
工业二氧化硫排放量	线性	0.534	20.589	1	18	0.000	28.443	0.001		
	二次	0.780	30.149	2	17	0.000	12.532	0.004	-8.542×10^{-8}	
	三次	0.841	28.269	3	16	0.000	-1.621	0.008	-3.666×10^{-9}	5.213×10^{-12}
工业固体废物产生量	线性	0.913	188.393	1	18	0.000	3 790.692	0.254		
	二次	0.976	344.087	2	17	0.000	2 198.637	0.554	-8.547×10^{-6}	
	三次	0.976	218.103	3	16	0.000	2 024.138	0.605	-1.201×10^{-3}	6.427×10^{-11}

数据来源：1995-2014 年《江西统计年鉴》和江西省环境状况公报。

从表 1 看出，对于江西省工业废水排放量与人均 GDP 之间的关系，线性、二次、三次函数都通过了 F 检验，sig 值都小于 0.05:比较 R2 值得知，三次函数的拟合优度最好，R2 值为 0.587。依此我们判断出江

西省工业废水排放最与人均 GDP 呈三次函数关系，与传统的环境库兹涅茨曲线不同，其表现为“N 型”曲线。

同理可知：对于江西省工业废气排放最与人均 GDP 之间的关系、工业二氧化硫排放最与人均 GDP 的关系，它们的线性、二次、三次函数均通过了 F 检验，sig 值都远小于 0.05，从拟合优度来分析，三次函数的拟合优度更好，值分别为 0.984、0.841，所以我们判断江西省工业废气排放最与人均 GDP、工业二氧化硫排放量与人均 GDP 都呈三次函数关系，与工业废水排放最一样，工业废气排放最与人均 GDP 之间、工业二氧化硫排放量与人均 GDP 之间都呈现“N”型曲线关系。

对于江西省工业固体废物产生量与人均 GDP 的关系，虽然都通过了线性、二次和三次函数的 F 检验，且 sig 值小于 0.05，但二次函数与三次函数的拟合优度相同，难以直接区分函数拟合的优劣。因而我们通过残差平方和来比较，计算得到，二次函数与三次函数的残差平方和分别为 3432953.912、3399072.688，三次函数残差平方和明显小于二次函数；因此，江西省工业固体废物产生量与人均 GDP 更符合三次函数关系，它们之间同样不符合传统的环境库兹涅茨曲线，仍呈现出“N”型曲线关系。

根据以上的曲线拟合，我们可以看出江西省“三废”排放均不符合传统的环境库兹涅茨曲线，都是表现出一种“N”型曲线关系，但从图形中可以看出，除了工业二氧化硫排放量指标，其余环境指标与人均 GDP 曲线关系的第二个拐点还没有来临。

4 江西省环境影响因素的岭回归分析

4.1 环境影响因素的选取

我们将环境库兹涅茨曲线分解为规模效应、结构效应和技术效应，且分别与一个指标对应。即，选择江西省国内生产总值对应规模效应、第二产业占生产总值的比重对应结构效应、工业污染治理投资水平（其中分别包括治理废水、废气和固体废物的投资水平）对应技术效应，测量三种因素对环境影响的关系式为：

$$E_i = \alpha_1 S + \alpha_2 p + \alpha_3 e \quad (4)$$

其中： $\alpha_i (i=1, 2, 3)$ 为各项环境影响因素系数； E_i 为标准化后的“三废”排放量，分别用 E_1 表示工业废水排放量， E_2 表示工业废气排放量， E_3 表示工业二氧化硫排放量， E_4 表示工业固体废物产生量； S 为规模效应，用标准化的江西省国内生产总值来表示； p 为结构效应，用标准化的江西省第二产业占生产总值的比重来表示； e 为技术效应，用标准化的工业污染治理投资水平来表示。

4.2 环境影响因素的实证分析

分别以工业废水排放量、工业废气排放量、工业二氧化硫排放量和工业固体废物产生量为被解释变量，江西省国内生产总值、第二产业占生产总值的比重和各种工业污染治理投资水平为解释变量：在回归分析前，我们对解释变量进行相关性分析，结果见表 2、表 3、表 4。

由表 2、表 3 和表 4 可以看出，除了工业固体废物治理投资水平与江西省国内生产总值和第二产业占生产总值的比重之间相关性较小，不存在多重共线性问题，其余解释变量之间都存在明显的相关性，所以多重共线性问题比较突出，不适合用最小二乘法进行回归分析。因此，先用岭回归的方法解决多重共线性问题，再进行江西省三废排放的因素分析。

4.2.1 对工业废水排放量影响因素的研究

以江西省工业废水排放量为被解释变量，把江西省 GDP、第二产业占生产总值的比重和工业废水治理投资水平作为解释变量进行岭回归分析。从表 5 中我们可以看出，在岭参数值大于 0.16 时，各解释变量的回归系数趋于平稳，此时模型的拟合优度值高达 0.975；江西省第二产业占生产总值的比重、国内生产总值、工业废水治理投资水平的回归系数依次为 0.467、0.385、0.135。标准化的关系表达式为：

$$E_1=0.385S+0.467p+0.135e \quad (5)$$

从以上数据我们发现，江西省废水排放量近年来提高与江西省产业结构关系最为密切，第二产业的发展一定程度上增加了工业废水的排放量；同时江西省国内生产总值的增加也造成了工业废水排放量的提高：所以在工业废水排放量方面结构效应最大，规模效应次之。从工业废水治理投资水平系数我们发现，随着治理投资水平的提高，废水排放量仍然在增加：原因主要出现在两方面：（1）环保投资力度仍不足，治理投资水平增长速度不及排放量的增长速度；（2）治理投资资金使用效率不够高。

表2 工业废水排放量模型的解释变量相关性检验表

相关性检验影响因素		江西省国内生产总值	第二产业占生产总值的比重	工业废水治理投资水平
江西省国内生产总值	Pearson 相关性	1	0.846**	0.643**
	显著性(双侧)		0.000	0.005
	时序样本量	20	20	17
第二产业占生产总值的比重	Pearson 相关性	0.846**	1	0.679**
	显著性(双侧)	0.000		0.003
	时序样本量	20	20	17
工业废水治理投资水平	Pearson 相关性	0.643**	0.679**	1
	显著性(双侧)	0.005	0.003	
	时序样本量	17	17	17

注：**表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

表3 工业废气和二氧化硫排放量模型的解释变量相关性检验表

相关性检验影响因素		江西省国内生产总值	第二产业占生产总值的比重	工业废气治理投资水平
江西省国内生产总值	Pearson 相关性	1	0.846**	0.748**
	显著性(双侧)		0.000	0.001
	时序样本量	20	20	17
第二产业占生产总值的比重	Pearson 相关性	0.846**	1	0.504*
	显著性(双侧)	0.000		0.039
	时序样本量	20	20	17
工业废气治理投资水平	Pearson 相关性	0.748**	0.504*	1
	显著性(双侧)	0.001	0.039	
	时序样本量	17	17	17

注：*、** 分别表示在 0.05、0.01 水平(双侧)上显著相关。

表4 工业固体废物产生量模型的解释变量相关性检验表

相关性检验影响因素		江西省国内生产总值	第二产业占生产总值的比重	工业固体废物治理投资水平
江西省国内生产总值	Pearson 相关性	1	0.846**	-0.294
	显著性(双侧)		0.000	0.253
	时序样本量	20	20	17
第二产业占生产总值的比重	Pearson 相关性	0.846**	1	-0.417
	显著性(双侧)	0.000		0.095
	时序样本量	20	20	17
工业固体废物治理投资水平	Pearson 相关性	-0.294	-0.417	1
	显著性(双侧)	0.253	0.095	
	时序样本量	17	17	17

注：**表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

4.2.2 对工业废气排放量影响因素的研究

以江西省工业废气排放量为被解释变量，江西省国内生产总值、第二产业占生产总值的比重和工业废气治理投资水平为解释变量进行岭回归分析，表 6 是部分岭参数值所对应的解释变量的标准回归系数。

从表 6 中我们可以看出，当岭参数大于 0.24 时，各解释变量的标准回归系数趋于平稳，此时模型的拟

合优度 R2 等于 0.959, 拟合优度较好。而各解释变量江西省国内生产总值、第二产业占生产总值的比重、工业废气治理投资水平的回归系数依次为: 0.496、0.340、0.103。标准化的关系表达式为:

$$E_2=0.496S+0.340p+0.103e \tag{6}$$

表5 不同岭参数下各解释变量的标准回归系数

岭参数	江西省国内生产总值	第二产业占生产总值的比重	工业废水治理投资水平	岭参数	江西省国内生产总值	第二产业占生产总值的比重	工业废水治理投资水平
0.00	-0.070	1.092	-0.084	0.26	0.367	0.425	0.163
0.02	-0.041	1.010	-0.030	0.28	0.364	0.418	0.168
0.04	-0.022	0.962	-0.005	0.30	0.360	0.412	0.171
0.06	-0.019	0.887	0.071	0.32	0.357	0.406	0.174
0.08	-0.015	0.851	0.094	0.34	0.353	0.401	0.176
0.10	-0.011	0.819	0.115	0.36	0.349	0.396	0.178
0.12	-0.007	0.790	0.132	0.38	0.346	0.391	0.180
0.14	-0.003	0.765	0.147	0.40	0.343	0.387	0.181
0.16	0.385	0.467	0.135	0.42	0.340	0.382	0.183
0.18	0.382	0.457	0.142	0.44	0.336	0.378	0.184
0.20	0.378	0.448	0.148	0.46	0.334	0.374	0.185
0.22	0.374	0.440	0.154	0.48	0.331	0.370	0.186
0.24	0.370	0.432	0.159	0.50	0.328	0.367	0.187

表6 不同岭参数下各解释变量的标准回归系数

岭参数	江西省国内生产总值	第二产业占生产总值的比重	工业废气治理投资水平	岭参数	江西省国内生产总值	第二产业占生产总值的比重	工业废气治理投资水平
0.00	1.132	0.002	-0.203	0.26	0.487	0.339	0.107
0.02	0.907	0.161	-0.103	0.28	0.474	0.343	0.107
0.04	0.760	0.264	-0.044	0.30	0.470	0.336	0.113
0.06	0.697	0.304	-0.025	0.32	0.463	0.335	0.115
0.08	0.666	0.320	-0.018	0.34	0.456	0.333	0.118
0.10	0.637	0.334	-0.009	0.36	0.447	0.334	0.119
0.12	0.590	0.332	0.051	0.38	0.439	0.334	0.110
0.14	0.569	0.348	0.042	0.40	0.437	0.327	0.124
0.16	0.544	0.344	0.076	0.42	0.431	0.325	0.125
0.18	0.533	0.341	0.084	0.44	0.424	0.325	0.126
0.20	0.519	0.341	0.092	0.46	0.421	0.321	0.128
0.22	0.507	0.349	0.077	0.48	0.414	0.321	0.129
0.24	0.496	0.340	0.103	0.50	0.411	0.317	0.131

表7 不同岭参数下各解释变量的标准回归系数

岭参数	江西省国内生产总值	第二产业占生产总值的比重	工业废气治理投资水平	岭参数	江西省国内生产总值	第二产业占生产总值的比重	工业废气治理投资水平
0.00	-0.284	1.062	0.191	0.26	-0.005	0.630	0.224
0.02	-0.114	0.948	0.107	0.28	0.173	0.511	0.222
0.04	-0.048	0.860	0.128	0.30	0.177	0.500	0.224
0.06	-0.030	0.811	0.148	0.32	0.180	0.489	0.225
0.08	-0.027	0.783	0.162	0.34	0.183	0.480	0.226
0.10	-0.024	0.760	0.174	0.36	0.185	0.471	0.226
0.12	-0.021	0.740	0.184	0.38	0.187	0.463	0.226
0.14	-0.018	0.720	0.193	0.40	0.189	0.455	0.227
0.16	-0.016	0.703	0.200	0.42	0.191	0.448	0.227
0.18	-0.013	0.686	0.206	0.44	0.192	0.441	0.227
0.20	-0.011	0.671	0.212	0.46	0.193	0.434	0.226
0.22	-0.009	0.656	0.216	0.48	0.194	0.428	0.226
0.24	-0.007	0.643	0.220	0.50	0.195	0.422	0.226

从回归系数来看，影响江西省废气排放量最主要的因素是江西省国内生产总值的增长，其次是江西省的产业结构影响。说明在工业废气排放量方面规模效应的影响大于结构效应。与工业废水排放量治理投资水平相似，工业废气治理投资水平回归系数也为正数，我们认为原因可能仍然为排放量增长速度大于投资水平增长速度和资金使用效率不高，但工业废气治理投资水平的回归系数较小，情况比工业废水排放量稍好。

4.2.3 对工业二氧化硫排放量影响因素的研究

以江西省工业二氧化硫排放量为被解释变量，解释变量与工业废气排放量研究相同，对其进行岭回归分析，表7是部分岭参数值所对应的解释变量的标准回归系数。

由表7我们可以看出当岭参数大于0.28时，各解释变量的标准回归系数趋于平稳，此时的值为0.876，拟合优度比较好。各解释变量江西省第二产业占生产总值的比重、工业废气治理投资水平、国内生产总值的回归系数依次为：0.511、0.222、0.173。标准化的关系表达式为：

$$E_3=0.173S+0.511p+0.222e \quad (7)$$

虽然二氧化硫属于工业废气中的一种，但是情况与工业废气有很大不同。数据显示，工业二氧化硫排放量主要是由江西省产业结构影响，第二产业的发展严重影响工业二氧化硫的排放，说明结构效应对二氧化硫排放量影响很大，但规模效应的影响比较小。同时，工业废气治理投资水平系数不仅为正数，且数值较大，说明在治理工业废气时，针对二氧化硫的治理投资严重不足。

4.2.4 对工业固体废物产生量影响因素的研究

以江西省工业固体废物产生量为被解释变量，江西省国内生产总值、第二产业占生产总值的比重和工业固体废物治理投资水平为解释变量进行岭回归分析，表 8 是部分岭参数值所对应的解释变量的标准回归系数。

表8 不同岭参数下各解释变量的标准回归系数

岭参数	江西省国内生产总值	第二产业占生产总值的比重	工业固体废物治理投资水平	岭参数	江西省国内生产总值	第二产业占生产总值的比重	工业固体废物治理投资水平
0.26	0.450	0.450	0.021	0.52	0.394	0.391	-0.056
0.28	0.446	0.446	0.019	0.54	0.390	0.388	-0.056
0.30	0.442	0.441	0.017	0.56	0.387	0.385	-0.057
0.32	0.438	0.437	0.015	0.58	0.383	0.382	-0.057
0.34	0.434	0.432	0.013	0.60	0.380	0.379	-0.058
0.36	0.430	0.428	0.012	0.62	0.377	0.376	-0.058
0.38	0.426	0.424	0.010	0.64	0.374	0.373	-0.059
0.40	0.422	0.420	0.009	0.66	0.371	0.370	-0.059
0.42	0.418	0.416	0.007	0.68	0.368	0.367	-0.060
0.44	0.415	0.413	0.006	0.70	0.365	0.364	-0.060
0.46	0.404	0.402	-0.053	0.72	0.362	0.361	-0.060
0.48	0.401	0.398	-0.054	0.74	0.359	0.359	-0.061
0.50	0.397	0.395	-0.055	0.76	0.356	0.356	-0.061

由表 8 可知，当岭参数大于 0.46 时，各解释变量的标准回归系数趋于平稳，此时模型的为 0.934, 拟合优度较好。各解释变量中，江西省国内生产总值和第二产业占生产总值的比重标准回归系数相差不大，分别为 0.404 和 0.402。但工业固体废物治理投资水平的回归系数为负值-0.053。关系表达式为：

$$E_4=0.404S+0.402p-0.053e \tag{8}$$

由此可知，江西省经济发展总体形势和产业结构对于工业固体废物产生量影响程度相当，说明对于工业固体废物产生量，规模效应与结构效应影响相差不大。但是工业固体废物治理投资对于固体废物产生量有积极的影响。说明江西省虽对固体废物治理投资有一定成效，但效果还不十分明显。

5 主要结论与建议

我们利用环境库兹涅茨模型对江西省 1995-2014 年工业“三废”排放量进行研究，发现江西省“三废”排放量与经济发展的关系均属于“N”型曲线，不符合传统的倒“U”型环境库兹涅茨曲线。

为探究江西宵“三废”排放量的影响因素，我们将 EKC 分解为规模效应，结构效应和技术效应，利用岭回归的方法分别对工业废水排放量、工业废气排放量、工业二氧化硫排放量和工业固体废物产生量进行研究，结果表明：工业废水排放量主要受结构效应影响，技术效应没有发挥其应发挥的抑制作用；工业废

气排放量主要受规模效应影响，技术效应虽比工业废水略好，但仍没有发挥抑制作用[•]，工业二氧化硫排放量主要受结构效应影响，技术效应情况最差；工业固体废物受规模效应与结构效应的影响程度相差不大，是唯一一项技术效应发挥了抑制作用的项目，但制约作用不大。

针对江西省的环境污染治理问题，结合以上研究结果，我们提出以下建议：

(1)对环境实现“精准治理”。上述研究表明，大部分污染治理投资水平与三废排放量成正比，即使成反比的固体废物治理投资水平的系数仍较小，我们认为主要原因是环境治理投资资金利用效率不高；因此，对于环境治理资金专款专用，“精准治理”，确保全部环境治理资金利用到位，提高资金利用效率。

(2)加大环境治理投资水平。经过实证分析，我们认为污染治理投资水平与三废排放量成正比的一个重要原因是环境治理投资水平增长速度低于三废排放量增长速度。因此，应根据每年废物排放情况，有计划地加大环境治理投资水平，使环境治理真正产生实效，终结排放量大于治理量 and 环境质量恶化的状况。

(3)从根源抑制污染物的产生。研究结果显示，江西省“三废”排放量受规模效应与结构效应影响较大。为了发展经济 GDP 不宜缩减，产业结构短时间不易改变，所以江西省环保重点应放在控制污染物源头；发展绿色经济，鼓励资源的循环利用，控制“三废”排放量，在经济发展的同时减轻环境保护压力。

(4)调整产业结构，转变经济增长方式。以上研究发现，第二产业比重对环境污染影响较大。在保持经济持续增长的同时，江西省可以发挥其有利条件，大力发展第三产业，利用第三产业拉动经济发展，逐渐缩小第二产业所占比例，用高效益低污染的企业代替高效益高污染企业，逐步淘汰低效益高污染行业，走绿色发展之路。

参考文献：

[1]Grossman G M, Krueger A B. Environmental impacts of North American free trade agreement [R]. Massachusetts: National Bureau of Economic Research, 1991.

[2]Selden T M, Song Do, Environmental quality and development: Is there a Kuznets Curve for air pollution emissions [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 1994, 27(2): 147-162.

[3]Copeland B R, Taylor M S. North-South trade and the environment [J]. The Quarterly Journal of Economics, 1994, 109(3): 755-787.

[4]Stern D I. Progress on the Environment Kuznets Curve? [J]. Environment and Development

Economics, 1998, 3(2): 173-196.

[5]Torrás M, Boyce J K. Income, inequality, and pollution: A reassessment of the Environmental Kuznets Curve [J]. Ecological Economics, 1998, 25(2): 147-160.

[6]Hoerl A E, Kennard R W. Ridge regression: Application for nonorthogonal problems [J]. Techometrics, 1970, 12(1): 69-82.

[7]Bruyn S M D, Van den Bergh J C J M, Opschoor J B. Economic growth and emissions: Reconsidering the empirical basis of Environmental Kuznets Curves [J]. Ecological Economics, 1998, 25(2): 161-175.

[8]Eugenio F B, Roberto P C. Country-specific environment Kuznets curves: A random coefficient approach applied to high-income countries [J]. Estudios de Economia, 2009, 36(1): 5-32.

[9] 吴玉萍, 葺锁成, 宋键峰. 北京市经济增长与环境污染水平计 最模型研究[J]•地理研究, 2001 (2) : 239-246.

[10]陈华文, 刘康兵. 经济增长与环境质量: 关于环境库兹涅茨曲线 的经验分析[J]. 复旦学报: 社会科学版, 2004 (2) : 87-94.

[11]高素英, 李延军, 金浩. 岭回归在经济增长影响因素分析中的应 用[J]. 统计与决策, 2005 (5) : 142-144.

[12]张荣艳. 河南省“三废”排放的库兹涅茨曲线特征及其成因的灰 色关联度分析[J]. 数学的实践与认识, 2013 (19) : 68-75.

[13]李水平, 张丹. 湖南省城镇化与环境污染的库兹涅茨曲线[J]. 系 统工程, 2014 (1) : 152-158.

[14]陈向阳. 环境库兹涅茨曲线的理论与实证研究[J]. 中 W 经济问 题, 2015 (3) : 51-62.

[15]徐林庆, 聂楠. 污染物排放的空间集聚及其影响因素: 基于岭回 归模型的分析[J]. 生态经济, 2015 (5) : 160-165.