

中国省际经济水平、环境污染与 环境治理水平关系的定量分析

沈 建 法

(华东师范大学地理系, 上海)

摘 要

运用统计方法对28个省市的环境与经济统计资料作了定量分析。结果表明, 经济发展水平同人均环境污染水平呈正相关, 同单位产值环境污染水平呈负相关; 人均污染水平与污染治理水平呈正相关; 单位产值污染水平同污染治理水平呈负相关; 经济发展水平同污染治理水平呈正相关。利用对应分析方法提取2个主因子, 划分出五种各具特点的经济环境类型。

关键词: 经济环境关系; 环境污染; 统计分析。

环境污染是工业化的产物。经济发展同环境污染存在什么样的关系? 环境治理水平是否随经济水平的提高而有所改善? 发达地区、落后地区经济发展与环境污染的关系各具何种特点? 这些问题都是环境科学所迫切需要解决的。

本工作利用国家环保局所编《环境统计资料汇编(1981—1985)》中各地区的统计资料及有关经济统计资料对上述问题进行了初步的定量分析, 试图根据省际资料分析经济水平、环境污染与治理水平的相互关系。研究范围包括大陆28个省、市、自治区, 不包括西藏、台湾、港澳地区。所用资料均为1985年的。

一、经济水平与环境污染的关系

用人均工业产值 x_1 (万元/人)这一指标表示各地区的经济水平, 环境污染状况用下列6个指标表示:

x_2 ——人均废水排放总量, t/人

x_3 ——人均废气排放量, m^3 /人

x_4 ——人均废渣堆存量, t/人

x_5 ——单位工业产值工业废水排放量, t/万元

x_6 ——单位工业产值废气排放量, m^3 /万元

x_7 ——单位工业产值废渣堆存量, t/万元

上述6个环境污染指标间存在着一定的内部联系, 表1为它们的相关系数矩阵。由表可见, 3个人均污染指标 x_2 、 x_3 、 x_4 之间有一定的正相关关系, 3个单位工业产值污染指标 x_5 、 x_6 、 x_7 之间也是正相关关系。人均废渣堆存量与单位产值废渣堆存量存在高度相关关系。人均废水排放量与单位产值废水排放量为负相关关系。其原因为人均废水排放量高的地区人均工业产值也高, 从而使单位工业产值废水排放量反而较低。说明在环境污染方面也存在规模效益。

表 1 环境污染指标的相关矩阵

Table 1 Correlation matrix of environment pollution variables

相关系数 指标	指标	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
x_2 人均废水		1					
x_3 人均废气		0.738	1				
x_4 人均废渣		0.102	0.4204	1			
x_5 单位产值废水		-0.328	-0.5991	-0.1715	1		
x_6 单位产值废气		-0.386	0.00471	0.1340	0.1387	1	
x_7 单位产值废渣		-0.164	0.1277	0.8572	0.07411	0.3029	1

表 2 经济水平与环境污染指标的相关系数

Table 2 Correlation between economic level and pollution variables

环境污染指标	x_1 人均工业产值
x_2 人均废水	0.9397*
x_3 人均废气	0.8105*
x_4 人均废渣	0.0697
x_5 单位产值废水	-0.5192**
x_6 单位产值废气	-0.3733***
x_7 单位产值废渣	-0.2004

显著性水平 * $\alpha = 0.001$ * * $\alpha = 0.01$ * * * $\alpha = 0.1$

从理论上分析,经济越发达,三废排放量就会越多,因而人均工业产值同环境污染指标之间应该呈正相关。如表 2 所示,利用回归分析方法建立一元回归方程如下:

$$x_2 = -0.0532 + 224.573x_1$$

$$x_3 = -0.0329 + 6.02772x_1$$

人均工业产值 x_1 越高,则人均废水、人均废气排放量 x_2 、 x_3 也就越高。

由于环境污染中规模效益的影响,人均工业产值同单位产值污染指标 x_5 、 x_6 、 x_7 为负相关关系,说明在经济水平高的地区,单位工业产值产生的环境污染较经济水平低的地区低,其原因在于发达地区技术水平高,产品附加价值高,而且用于污染治理的资金也较多。

二、环境污染与环境治理水平的关系

选用以下 7 个指标表示环境治理水平。

x_8 ——废水处理率, %

x_9 ——废水达标率, %

x_{10} ——烟气除尘率, %

x_{11} ——烟气处理率, %

x_{12} ——废渣达标率, %

x_{13} ——人均污染治理资金, 元/人

x_{14} ——单位工业产值污染治理资金, 元/万元

上述7个污染治理水平指标之间的相关系数矩阵见表3。可见大多数指标之间为正相关关系。环境污染指标同污染治理水平指标之间的相关系数矩阵见表4。由表可见, 人均污染排放指标 x_2, x_3, x_4 同污染治理指标大多数为正相关关系。因为人均排污量高的地区为经济发达地区, 这些地区污染治理水平较高。

表3 污染治理水平指标的相关矩阵

Table 3 Correlation matrix of pollution control variables

相关系数 指标	指标	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}
x_8 废水处理率		1						
x_9 废水达标率		0.2874	1					
x_{10} 烟气除尘率		0.2365	0.5751	1				
x_{11} 烟气处理率		0.3199	0.5682	0.5868	1			
x_{12} 废渣达标率		0.2262	0.0546	0.5008	0.2311	1		
x_{13} 人均治污资金		0.3501	0.5284	0.4834	0.4707	-0.0875	1	
x_{14} 单位产值治污资金		0.4531	0.0037	0.0588	-0.0464	-0.0034	0.1324	1

表4 环境污染同污染治理水平的关系

Table 4 Correlation between pollution and pollution control variables

相关系数 指标	指标	人均废水 x_2	人均废气 x_3	人均废渣 x_4	单位产值废水 x_5	单位产值废气 x_6	单位产值废渣 x_7
x_8 废水处理率		0.1456	0.2598	0.3138	-0.3604	-0.0691	0.2409
x_9 废水达标率		0.5618**	0.4457***	0.2251	-0.2982	-0.2010	0.1589
x_{10} 烟气除尘率		0.4326***	0.4088***	-0.0391	-0.3270	-0.2349	-0.1799
x_{11} 烟气处理率		0.4110***	0.3294*	0.1108	-0.3355***	-0.4933**	-0.0542
x_{12} 废渣达标率		-0.0822	-0.0865	-0.0210	-0.0824	-0.1662	-0.1404
x_{13} 人均治污资金		0.8633*	0.9250*	0.3239***	-0.5634**	-0.2087	-0.0144
x_{14} 单位产值治污资金		-0.1722	0.0663	0.2141	0.1196	0.4426***	0.2760

显著性水平 * $\alpha=0.001$

** $\alpha=0.01$

*** $\alpha=0.1$

用回归分析法建立回归方程。

废水达标率 x_9 同人均废水排放量 x_2 的回归方程:

$$x_9 = 26.042 + 0.2899x_2$$

烟气除尘率 x_{10} 同人均废气排放量 x_3 的回归方程:

$$x_{10} = -473.331 + 8.4946x_3$$

人均治污资金 x_{13} 同人均废水排放量 x_2 的回归方程:

$$x_{13} = 36.073 + 0.0854x_2$$

由表4可见,单位产值污染指标同污染治理水平大多呈负相关。这是因为单位产值污染指标高的地区为经济不发达地区,污染治理相对较差。

烟气处理率 x_{11} 同单位产值废气排放量 x_8 的回归方程:

$$x_{11} = 83.705 - 1.7649x_8$$

三、经济水平与环境治理水平的关系

表5所示为人均工业产值 x_1 与环境污染治理指标 $x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}$ 的相关系数。由

表5 经济水平与环境污染治理指标的相关系数

Table 5 Correlation between economic level and pollution control variables

环境污染治理指标	人均工业产值 x_1
x_8 废水处理率	0.1402
x_9 废水达标率	0.5547**
x_{10} 烟气除尘率	0.4607***
x_{11} 烟气处理率	0.4349***
x_{12} 废渣达标率	-0.0582
x_{13} 人均污染治理资金	0.8799*

显著性水平

- $\alpha = 0.001$
- • $\alpha = 0.01$
- • • $\alpha = 0.1$

表可见,除了人均工业产值 x_1 同废渣达标率 x_{12} 为微弱的负相关外,其余均为正相关。人均污染治理资金 x_{13} 同人均工业产值 x_1 的回归方程是:

$$x_{13} = -0.0092 + 23.7128x_1$$

经济越发达,人均产值越高。用于污染治理的资金就越多。烟气除尘率 x_{10} 、烟气处理率 x_{11} 同人均工业产值 x_1 的回归方程分别为:

$$x_{10} = -0.1449 + 220.348x_1$$

$$x_{11} = -0.0309 + 299.124x_1$$

四、经济-环境状况的地区差异与分类

我国各地区经济发展,环境污染及治理情况相差较大,这三者之间的关系在各地区有不同的表现。我们应用多元统计中的对应分析法从28个地区的14个指标包含的信息中提取主因子,根据各地区的因子载荷把28个地区划分为五种经济-环境类型。

对应分析是在R模式与Q模式因子分析的基础上发展起来的。其主要特点是可以利用共同的因子轴同时表示地区与变量的载荷,因此对于综合分析多指标的地区差异与分类特别有效。

运用对应分析方法对反映各地区经济-环境状况的14个指标综合分析,得到因子I的方差贡献为39.58%;因子II的方差贡献为37.12%;因子III的方差贡献为9.87%;因子IV的方差贡献为4.62%;前两个因子的累计方差贡献达76.7%,即这两个因子所代表的信息占总信息的76.7%。经济-环境状况的地区差异可以用这两个因子来表示,并根据其载荷划分经济-环境类型。

表6 变量载荷矩阵
Table 6 Variables loading matrix

变 量	因子 I 载荷	因子 II 载荷
x_1 人均产值	0.016	0.0004
x_2 人均废水	0.1728	-0.005
x_3 人均废气	0.0254	0.0091
x_4 人均废渣	-0.0022	0.1314
x_5 单位产值废水	-0.15	-0.1242
x_6 单位产值废气	-0.0117	0.0085
x_7 单位产值废渣	-0.0862	0.232
x_8 废水处理率	0.0406	0.015
x_9 废水达标率	0.0852	0.0184
x_{10} 烟气除尘率	0.0878	-0.009
x_{11} 烟气处理率	0.1016	0.0056
x_{12} 废渣达标率	0.0454	-0.0166
x_{13} 人均治污资金	0.0634	0.0157
x_{14} 单位产值治污资金	0.0118	0.157

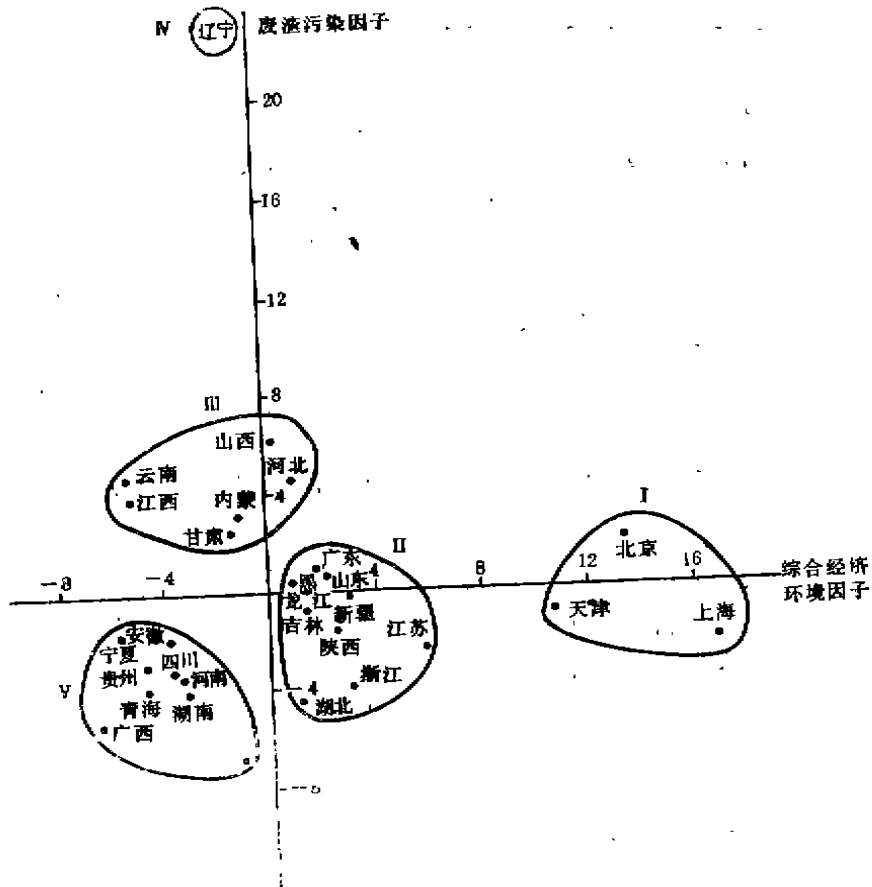


图1 地区因子载荷图
Fig.1 Regional factor loading

两个因子的意义可以根据变量载荷矩阵进行分析。如表 6 所示, 因子 I 同人均污染指标 x_2 、 x_3 为正相关, 同单位产值污染指标成负相关, 同污染治理指标和人均产量值成正相关, 恰好体现了前述揭示的经济水平、环境污染、环境治理水平的相互关系, 因此因子 I 可称为综合经济-环境指标。因子 II 的载荷中人均废渣 x_4 、单位产值废水 x_5 和单位产值废渣 x_7 的载荷较大, 并且人均废渣与单位产值废渣为正相关, 因子 II 可称为废渣污染指标, 因子 II 的载荷较大的地区废渣污染就较严重。各地区的经济环境状况差异可通过各地区在 2 个因子上的载荷进行分析。图 1 为以因子 I、II 为轴所作的地区因子载荷图。根据地区因子载荷, 划分出五种经济-环境类型。各类型地区的各项指标见表 7。

类型 I 包括北京、天津、上海三大城市, 反映工业发达地区的经济状况。这些地区人均产值高、人均污染排放量高、单位产值污染排放量低, 单位产值治污资金少, 但人均治污资金多、污染处理水平高。类型 II 包括吉林、黑龙江、江苏、浙江、山东、湖北、广东、陕西、新疆 9 个地区。其经济环境仅次于类型 I。类型 III 包括河北、山西、内蒙、江西、云南、甘肃 6 个地区。这些地区的一个重要特点废渣堆存量较大。类型 IV 仅为辽宁一个地区。辽宁的发达程度仅次于第 I 类的三大城市, 人均产值达 1800 元/人。经济环境显著特点是废渣堆存量特高, 其它指标同类型 I 相近。类型 V 包括安徽、福建、河南、湖南、广西、四川、贵州、青海、宁夏 9 个地区, 其状况同类型 I 正好相反, 代表不发达地区的经济环境状况。这些地区人均污染排放量低、单位产值污染排放量高、单位产值治污资金多, 但人均治污资金少。污染处理水平有的指标较高, 但大多数处理水平较低。从宏观上讲, 这类地区的经济环境效益较差。

表 7 经济环境类型典型地区
Table 7 Typical regions of economic-environment types

经济环境类型	I	I	II	IV	V	单位
典型地区	上海	吉林	河北	辽宁	四川	
因子 I 载荷	0.1711	0.0143	0.0102	-0.0157	-0.0392	
因子 II 载荷	-0.0238	-0.0098	0.0466	0.2335	-0.0353	
人均产值	0.684	0.0936	0.060	0.180	0.0446	万元/人
人均废水	161	37.1	21.4	55.3	32.3	t/人
人均废气	2.47	0.925	0.597	2.20	0.476	m ³ /人
人均废渣	0.0746	4.17	6.91	55.9	2.74	吨/人
单位产值废水	180	292	298	233	570	t/万元
单位产值废气	3.62	9.89	9.94	12.2	10.7	m ³ /万元
单位产值废渣	0.112	44.5	115	310	61.4	t/万元
废水处理率	25	25	32	32	11	%
废水达标率	74	26	59	50	53	%
烟气除尘率	72	61	66	50	64	%
烟气处理率	60	32	71	48	38	%
废渣达标率	22	54	49	30	31	%
人均治污资金	11.4	1.86	1.65	7.26	1.57	元/人
单位产值治污资金	16.7	19.9	27.6	40.3	35.3	元/万元

五、结 论

1. 各地区环境污染指标之间存在一定的正相关关系,说明经济发展对各项环境污染的作用基本上是同向的,在废水污染严重的地区,废气污染一般也较严重。

2. 经济发展水平同人均环境污染水平为正相关关系,人均产值高的地区,人均三废污染排放量就大。但经济发展水平同单位产值环境污染水平为负相关关系,人均产值越高,单位产值产生的三废污染排放量就越少,说明在环境污染方面存在规模效益。

3. 环境污染治理方面各项指标之间大多存在正相关关系。说明治理工作好的地区,各项治理指标均较好。

4. 人均污染指标同污染治理指标大多数为正相关关系。因为人均排污量高的地区为经济发达地区,这些地区污染治理水平高,单位产值排污量低。

5. 经济发展水平同环境污染治理指标大多为正相关关系。经济发达,技术先进,治理资金充足,污染治理水平较高。

6. 应用对应分析方法提出 2 个主因子,因子 I 为综合经济-环境指标,因子 II 为废渣污染指标。根据地区因子载荷划分出五种经济环境类型,对认识各地区的经济环境状况、制订治理对策有科学参考价值。

参 考 文 献

- [1] 刘国光. 中国经济发展战略问题研究. 上海:上海人民出版社, 1984, 461
- [2] 杨伟民等. 环境科学学报, 1987, 7 (4): 424
- [3] 华东师大数理统计系. 统计模型与方法. 1986

1989年3月4日收到.

RELATIONS BETWEEN ECONOMY, ENVIRONMENT POLLUTION AND POLLUTION CONTROL IN CHINA

Shen Jianfa

(Dept. of Geography, East China Normal University, Shanghai)

ABSTRACT

The relations between economy, environment pollution and pollution control in China based on provincial data were investigated and the results demonstrated that the economic level is positively correlated to environment pollution per person and pollution control level and negatively correlated to environment pollution per industrial production value unit (IPVU). The pollution control level is positively correlated to pollution per person and negatively correlated to pollution per IPVU. Five economic-environment types were identified based on the regional loading of two principle components extracted from 14 raw variables.

Keywords: economic; environment; pollution.