

# 环境规制指标的构建——基于因子分析法

高鹏飞

(湖南师范大学, 湖南省长沙市, 410081)

**摘要:** 自改革开放以来, 我国经济迎来飞速发展, 但这种发展也造成了环境的不断恶化, 原因是过去的发展模式是高能耗、高污染的, 也正是因为这个原因, 这些年来政府越发重视环境治理的问题, 提出各种保护环境的政策, 如两控区政策和千家企业计划以及后续的万家企业计划等。这些政策的目的是为了改变原有的发展模式, 使其从高能耗、高污染转变为低能耗、低污染。在此背景下, 研究环境规制对于中国经济的发展就显得尤为重要了。本文是基于因子分析的方法来构建环境规制的指标体系。

**关键词:** 环境规制指标; 因子分析法; 聚类分析

**中图分类号:** X32

**文献标识码:** A

## 1 引言

自 20 世纪 30 年代提出环境规制以后, 逐渐受到各国的重视, 因为环境是和人民的健康水平息息相关的, 为了保护日益恶化的环境, 各国提出相应的环境保护的政策。到目前为止, 各个国家的环境规制手段是非常丰富的, 而针对环境规制指标的测度, 众多学者也进行了非常多的研究, 本文进行了简单的文献梳理。

### 1.1 环境规制的内涵和类型

通过对环境规制进行分类, 赵玉民等(2009)和孙冰等(2021)认为环境规制存在线性环境规制和隐性环境规制的<sup>[1][2]</sup>。显性环境规制主要包括三种: 由政府主导具有强制性质的命令控制型环境规制、通过市场自身的调节功能来引导微观企业节能减排的市场激励性环境规制以及依靠企业自发行为的企业自愿性环境规制。而隐性环境规制主要依靠社会个提的主观道德来实现环境规制的目标, 不具有强制性, 和道德水平有关。颜艳秋(2023)将环境规制划分为命令控制型、市场激励性与社会参与型三种<sup>[3]</sup>。

### 1.2 环境规制的测度方法

包群等(2013)采用倍差法, 通过使用各个省份地方人大通过的环保立法数量来测度环境规划的强度<sup>[4]</sup>。李永友和沈坤荣(2008)将排污费、排污许可证制度和环境税纳入到环境规制强度的测算中<sup>[5]</sup>。朱平芳等(2011)提出将污染物的相对排放量作为环境监管的代理变量去测度环境规制<sup>[6]</sup>。应瑞瑶和周立(2006)认为环境污染治理投资额可以表示环境规制<sup>[7]</sup>。涂正革和谌仁俊(2015)认为可以用工业废气治理设施运行费用来刻画环境规制强度<sup>[8]</sup>。

总的来说, 目前的文献并未提出能够全面综合的反映环境规制指标的构建方法, 所以, 本文利用因子分析的方法, 来构建环境规制的指标。

## 2 数据与指标构建

本文参考颜艳秋提出的方法, 选取十个变量来进行构建环境规划评价指标体系。本文选取了 2019 年 30 个省份和直辖市的数据(因为西藏部分数据缺失, 所以将西藏剔除), 数据的主要来源是中国环境年鉴与中国环境统计年鉴。

### 2.1 描述性统计

使用 stata 软件对 30 个省份 2019 年的数据进行描述性统计分析, 统计结果如表 1 所示。

表1 描述性统计

Tab.1 Descriptive Statistics

变量	N	mean	sd	min	max
x1	30	5.400	3.607	0	12
x2	30	2.433	5.752	0	21
x3	30	609,207	713,450	66,293	2737617
x4	30	141,900	379,290	1,730	2014497
x5	30	194,830	206,365	6,258	954,348
x6	30	793.9	696.1	67	2,675
x7	30	36,653	63,786	191	300,000
x8	30	229.4	185.6	33	710
x9	30	247.3	191.5	19	643
x10	30	186.2	241.9	5	1,011

其中 x1 到 x10 分别指当年颁布地方性环保法规数(件)、当年受理行政复议案件数(件)、省级环境保护能力建设投资(万元)、环境监管能力建设投资(万元)、工业污染治理投资(万元)、已实施自动监控的重点排污单位(个)、环保举报件数(个)、承办的人大建议数(件)、承办的政协提案数(件)、各地区开展强制性清洁生产审核评估情况(个)。其中除了工业污染治理投资的数据来源于中国环境统计年鉴,其余九个数据均来自与中国环境年鉴。通过表 1 的描述性统计分析可以看出来,省级环境保护能力建设投资、环境监管能力建设投资、业污染治理投资和环保举报件数这四组数据的极差是最大的,同时它们的标准差也是最大的。

## 2.2 因子分析

### 2.2.1 KMO 检验和 Bartlett 球形度检验

KMO 检验主要是作为比较变量间简单相关系数和偏相关系数的指标。常用于主成分分析与因子分析,且取值为 0—1。只有当 KMO 检验的值大于 0.6 的时候,才可以进行主成分分析或者因子分析,当 KMO 检验的值小于 0.6,则要考虑别的方法。Bartlett 球形度检验主要是验证其显著性,只有当其 P 值小于 0.05 时,会拒绝原假设,认为可以进行主成分分析或者因子分析,如果没有通过显著性检验的话,意味着无法拒绝原假设,不适用于主成分分析法或者因子分析。

通过使用 SPSS 软件,进行 KMO 检验和 Bartlett 球形度检验,结果如表 2 所示,KMO 检验的值为 0.669,大于 0.6,表明可以进行因子分析,也为本文构建环境规制的评价指标提供了理论基础,而 Bartlett 球形度检验的 P 值为 0,小于 0.05,说明在 5%的显著性给水平上通过了显著性检验,表明可以运用因子分析的方法。综上所述,依据 KMO 检验和 Bartlett 球形度检验,可以适用因子分析的方法。

表2 KMO检验和Bartlett球形度检验

Tab.2 KMO and Bartlett's Test

KMO 取样适切性量数		0.669
巴特利特球形度检验	近似卡方	169.580
	自由度	45
	显著性	0.000

### 2.2.2 公因子方差

公因子方差在因子分析中起着重要的作用,可以帮助我们了解原始变量中潜在的共同因素。通过统计软件 SPSS 输出公因子方差的结果,如表 3 所示,提取值的意义为每个变量由公共因子表达的比例,也就是说反映了公共因子对于原始变量的解释程度。一般而言,当提取值大于 0.7 时,就可以认为原始变量很好的被公共因子表达。通过表 3 可知,几乎所有变量都能很好的被公共因子表达。

表3 公因子方差  
Tab.3 Communalities

变量	初始	提取
当年颁布地方性环保法规数（件）	1.000	0.643
当年受理行政复议案件数（件）	1.000	0.791
省级环境保护能力建设投资（万元）	1.000	0.849
环境监管能力建设投资（万元）	1.000	0.837
工业污染治理投资（万元）	1.000	0.509
已实施自动监控的重点排污单位（个）	1.000	0.815
环保举报件数（个）	1.000	0.330
承办的人大建议数（件）	1.000	0.712
承办的政协提案数（件）	1.000	0.880
各地区开展强制性清洁生产审核评估情况（个）	1.000	0.853

### 2.2.3 公共因子的确定

通过分析总方差解释表，可以确定公共因子的数量，根据特征值大于 1 的原则，可以提取出相应的公共因子。通过表 4 可知，可以提取出 3 个公共因子，而且它们的累积总方差为 72.194%，总的来看，原有变量的数据丢失较少，因子分析的效果也较为理想，对原有数据进行因子分析也就存在一定的意义了。

此外，也可以通过碎石图直观的看出哪个公共因子对原有变量解释的贡献最大。通过图 1 可知，第一个因子的特征值很高，也就意味着第一个因子的方差贡献最大，而第三个以后因子特征值都较小，对解释原有变量的贡献比较小，因此可以忽略，所以本文提取 3 个因子是比较合适的。

表4 总方差解释  
Tab.4 Total Variance Explained

成分	初始特征值			提取载荷平方和			旋转载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积 %	总计	方差百分比	累积 %	总计	方差百分比	累积 %
1	4.155	41.548	41.548	4.155	41.548	41.548	4.042	40.422	40.422
2	1.620	16.198	57.746	1.620	16.198	57.746	1.670	16.703	57.125
3	1.445	14.448	72.194	1.445	14.448	72.194	1.507	15.069	72.194
4	0.920	9.201	81.394						
5	0.789	7.887	89.281						
6	0.451	4.507	93.788						
7	0.265	2.653	96.441						
8	0.174	1.736	98.177						
9	0.121	1.214	99.392						
10	0.061	0.608	100.000						

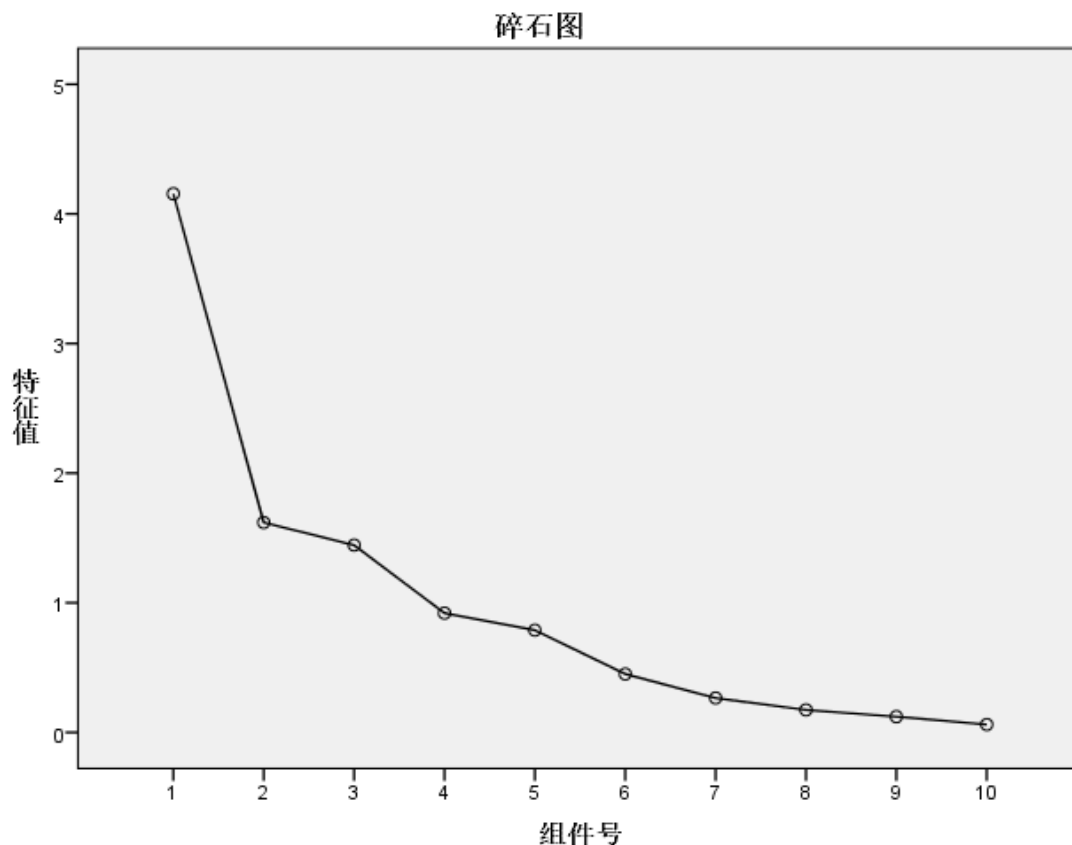


图1 碎石图

Fig.1 Scree Plot

### 2.2.4 因子得分的计算

根据凯撒正态最大化方差法对因子进行旋转得到旋转成份矩阵, 结果通过统计软件 SPSS 输出, 结果如表 5 所示, 公共因子 $F_1$ 在  $x_2$ 、 $x_5$ 、 $x_6$ 、 $x_7$ 、 $x_8$ 、 $x_9$  和  $x_{10}$  上的载荷最大, 而公共因子 $F_2$ 在  $x_3$  和  $x_4$  上的载荷最大, 公共因子 $F_3$ 在  $x_1$  上的载荷最大。其中  $x_2$ 、 $x_5$ 、 $x_6$ 、 $x_7$ 、 $x_8$ 、 $x_9$  和  $x_{10}$  分别为当年受理行政复议案件数 (件)、工业污染治理投资 (万元)、已实施自动监控的重点排污单位 (个)、环保举报件数 (个)、承办的人大建议数 (件)、承办的政协提案数 (件) 和各地区开展强制性清洁生产审核评估情况 (个), 是属于政府参与型。 $x_3$  和  $x_4$  为省级环境保护能力建设投资 (万元) 和环境监管能力建设投资 (万元) 属于资金投入型。 $x_1$  为颁布地方性环保法规数 (件) 属于法律法规型。所以, 公共因子 $F_1$ 是反映政府参与型的公共因子, 公共因子 $F_2$ 是反映资金投入型的公共因子, 公共因子 $F_3$ 是反映法律法规型的公共因子。

表5 旋转成分矩阵

Tab.5 Rotated Component Matrix

变量	成分		
	1	2	3
当年颁布地方性环保法规数 (件)	0.187	-0.156	0.764
当年受理行政复议案件数 (件)	0.009	-0.176	-0.872
省级环境保护能力建设投资 (万元)	0.360	0.848	-0.039
环境监管能力建设投资 (万元)	-0.148	0.902	0.041

工业污染治理投资（万元）	0.678	-0.113	0.191
已实施自动监控的重点排污单位（个）	0.895	-0.048	0.107
环保举报件数（个）	0.512	0.201	0.165
承办的人大建议数（件）	0.808	0.099	-0.222
承办的政协提案数（件）	0.930	0.121	-0.026
各地区开展强制性清洁生产审核评估情况（个）	0.903	0.054	0.187

根据成分的分系数矩阵可以得到公因子 $F_1$ 、 $F_2$ 和 $F_3$ 的得分函数，以及总的得分函数。通过表 6 可知：

$$F_1 = 0.007x_1 + 0.69x_2 + 0.049x_3 - 0.091x_4 + 0.169x_5 + 0.227x_6 + 0.110x_7 + 0.218x_8 + 0.236x_9 + 0.218x_{10};$$

$$F_2 = -0.104x_1 - 0.110x_2 + 0.498x_3 + 0.559x_4 - 0.106x_5 - 0.079x_6 + 0.095x_7 + 0.015x_8 + 0.022x_9 - 0.017x_{10};$$

$$F_3 = 0.507x_1 - 0.594x_2 - 0.048x_3 + 0.040x_4 + 0.085x_5 + 0.014x_6 + 0.079x_7 - 0.204x_8 - 0.078x_9 + 0.068x_{10};$$

$$F = 0.404F_1 + 0.167F_2 + 0.151F_3。$$

表6 成分得分系数矩阵  
Tab.6 Component Score Coefficient Matrix

变量	成分		
	1	2	3
当年颁布地方性环保法规数（件）	0.007	-0.104	0.507
当年受理行政复议案件数（件）	0.069	-0.110	-0.594
省级环境保护能力建设投资（万元）	0.049	0.498	-0.048
环境监管能力建设投资（万元）	-0.091	0.559	0.040
工业污染治理投资（万元）	0.169	-0.106	0.085
已实施自动监控的重点排污单位（个）	0.227	-0.079	0.014
环保举报件数（个）	0.110	0.095	0.079
承办的人大建议数（件）	0.218	0.015	-0.204
承办的政协提案数（件）	0.236	0.022	-0.078
各地区开展强制性清洁生产审核评估情况（个）	0.218	-0.017	0.068

### 2.2.5 得分评价

将中国 30 个省和直辖市的数据代入以上公式，可得各省市单项得分及综合得分，根据综合得分排名情况如表 7 所示。

表7 综合得分及排名  
Tab.7 Composite Score and Rank

地区	F1得分	排名	F2得分	排名	F3得分	排名	F得分	排名
----	------	----	------	----	------	----	-----	----

北京市	-0.67832	21	-0.15133	10	0.66181	8	-0.28	17
天津市	-0.74747	24	-0.68527	28	1.17125	3	-0.33	20
河北	1.44259	5	-0.32402	18	-0.24989	24	0.68	5
山西	0.18115	10	0.42608	5	1.04262	5	0.42	8
内蒙古	-0.70815	23	-0.03712	8	0.11239	17	-0.38	21
辽宁	-0.20409	12	-0.3782	21	-0.10544	21	-0.22	15
吉林	-1.17479	30	4.46726	1	-0.14417	23	0.35	9
黑龙江	-0.93568	27	-0.36269	20	-0.12349	22	-0.63	28
上海	-0.55177	19	-0.18223	11	0.14424	16	-0.32	19
江苏	2.18063	2	-0.51169	26	1.11846	4	1.34	2
浙江	1.13827	6	-0.27441	15	0.30125	13	0.64	6
安徽	0.8514	7	0.07008	7	-2.52802	30	-0.03	11
福建	-0.27017	13	-0.469	25	-1.3066	27	-0.53	26
江西	-0.39168	16	-0.59098	27	1.27718	1	-0.09	12
山东	1.66313	3	-1.10343	30	0.34215	12	0.75	4
河南	1.61423	4	0.91437	4	0.39659	11	1.2	3
湖北	0.41566	9	1.09118	3	-0.04736	20	0.48	7
湖南	0.42274	8	-0.32497	19	-2.25851	28	-0.31	18
广东	2.26961	1	1.4738	2	-0.01574	19	1.61	1
广西	-0.47343	17	0.33963	6	0.41443	10	-0.1	13
海南	-1.00719	29	-0.23998	13	0.14439	15	-0.59	27
重庆	-0.37701	14	-0.31596	17	0.44053	9	-0.19	14
四川	0.11212	11	-0.11392	9	0.78918	6	0.2	10
贵州	-0.59936	20	-0.26377	14	0.02528	18	-0.39	23
云南	-0.37734	15	-0.1974	12	-0.58866	25	-0.38	21
陕西	-0.52411	18	-0.27954	16	0.66874	7	-0.22	15
甘肃	-0.75193	25	-0.388	22	0.25689	14	-0.46	25
青海	-0.85953	26	-0.72222	29	-2.39604	29	-1.15	30
宁夏	-0.9655	28	-0.39899	23	1.17598	2	-0.39	23
新疆	-0.694	22	-0.46728	24	-0.71944	26	-0.65	29

### 2.3 聚类分析

聚类分析是通过形成从大到小的分类系统,将其绘制成表示样本之间亲疏关系的谱系图的一种分析方法。运用 SPSS 对中国 30 个省市的环境规制强度进行聚类分层,得出聚类分析树状谱系图如图 2 所示。

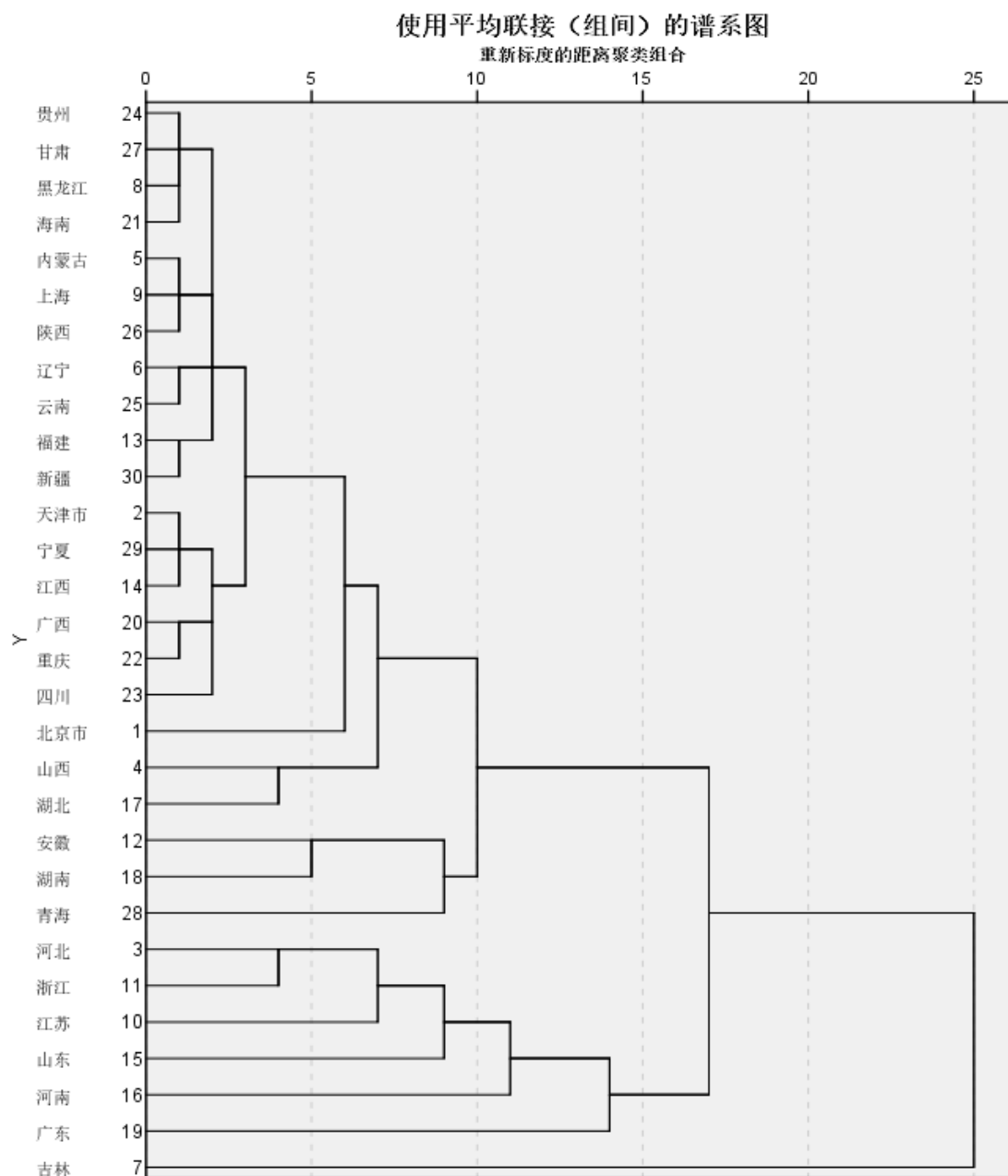


图2 聚类分析树状谱系图

Fig. 2 Dendrogram

通过谱系图，可以将 30 个省市划分为 6 类，结果如表 8 所示。吉林是第一类，广东是第二类，河南是第三类，山东、江苏、浙江、河北是第四类，青海、湖南、安徽是第五类，湖北、山西、北京、四川、重庆、广西、江西、宁夏、天津、新疆、福建、云南、辽宁、陕西、上海、内蒙古、海南、黑龙江、甘肃、贵州是第六类。

表8 聚类成员

Tab.8 Cluster Members

类别	城市	数目
第一类	吉林	1
第二类	广东	1
第三类	河南	1
第四类	山东、江苏、浙江、河北	4
第五类	青海、湖南、安徽	3

第六类	湖北、山西、北京、四川、重庆、广西、江西、宁夏、天津、新疆、福建、云南、辽宁、陕西、上海、内蒙古、海南、黑龙江、甘肃、贵州	20
-----	---	----

### 3 结论

本文以 2019 年中国 30 个省市为研究对象, 列取出包括政府参与型、资金投入型和法律法规型三大类型共计 10 项反映环境规制强度细分指标。运用因子分析法, 提取出三个公共因子, 构建了环境规制强度的综合指标评价体系。

#### 参考文献

- [1] 赵玉民, 姚树荣. 环境问题实质的社会、经济分析[J]. 西南民族大学学报(人文社科版), 2009, 30(01): 131-135.
- [2] 孙冰, 徐杨, 康敏. 环境规制工具与环境友好型技术创新: 知识产权保护的双门槛效应[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(04): 20-28.
- [3] 颜艳秋. 基于主成分分析中国省际环境规制强度评价研究[J]. 时代金融, 2021, (22): 75-77.
- [4] 包群, 邵敏, 杨大利. 环境管制抑制了污染排放吗?[J]. 经济研究, 2013, 48(12): 42-54.
- [5] 李永友, 沈坤荣. 辖区间竞争、策略性财政政策与 FDI 增长绩效的区域特征[J]. 经济研究, 2008, (05): 58-69.
- [6] 朱平芳, 张征宇, 姜国麟. FDI 与环境规制: 基于地方分权视角的实证研究[J]. 经济研究, 2011, 46(06): 133-145.
- [7] 应瑞瑶, 周力. 我国环境库兹涅茨曲线的存在性检验[J]. 南京师大学报(社会科学版), 2006, (03): 74-78+96.
- [8] 涂正革, 谌仁俊. 排污权交易机制在中国能否实现波特效应?[J]. 经济研究, 2015, 50(07): 160-173.

## Environmental Regulation Indicators—Based on Factor Analysis

Gao Pengfei

(Hunan Normal University, Changsha City /Hunan Province, 410081)

**Abstract:** Since the implementation of reform and opening-up, China's economy has experienced rapid development. However, such growth has also led to continuous environmental degradation, which was mainly due to the high-energy-consumption and high-pollution development model adopted in the past. Precisely for this reason, the government has placed increasing emphasis on environmental governance in recent years, introducing various environmental protection policies such as the Two Control Zones policy, the Top-1000 Enterprises Program, and the subsequent Ten-Thousand Enterprises Program. The purpose of these policies is to transform the original development model from high energy consumption and high pollution to low energy consumption and low pollution. Against this backdrop, studying environmental regulation is particularly important for China's economic development. This paper constructs an indicator system for environmental regulation based on the factor analysis method.

**Keywords:** Environmental Regulation Indicators; Factor Analysis; Cluster Analysis