

【生态文明】

DOI: 10.15986/j.1008-7192.2015.03.016

# 陕西省生态环境脆弱性评价研究

杨冬民, 申淑娟, 赵德品

(西安理工大学 经济与管理学院, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 一个地区生态环境脆弱性表现了一个地区生态系统抗干扰能力的强弱, 健康的生态环境是一个地区可持续发展的前提。评价陕西省生态环境脆弱性, 对促进陕西省的生态文明建设、实现经济社会可持续发展具有重要的意义。通过主成分分析法, 分析和计算了陕西省各市生态环境脆弱性程度, 并在此基础上提出了相应的控制和改进措施, 为政府相关部门制定可持续发展决策, 保护区域生态环境提供一定参考。

**关键词:** 生态环境; 脆弱性; 主成分分析法; 可持续发展

**中图分类号:** F 205; X 2

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1008-7192(2015)03-0075-06

## 一、引言

人类的一切生活和生产既有赖于生态环境, 又影响着生态环境的发展变化。生态环境的质量同样影响着人们的生活质量和生产力发展水平, 因而保护生态环境就是保护生活和生产力, 改善生态环境就是改善生活质量和生产力<sup>[1]</sup>。关于生态环境脆弱性的研究国外学者开展较早, 依据 Ktllpers, M 的研究, 早在 1905 年 Elements, FE 就将 Ecotone 这一概念引入生态学。但由于研究主题和对象的不同, 国外学者对脆弱生态环境概念的界定也存在很大差异。国外学者较为重视全球变暖对脆弱生态环境的影响, 以及脆弱生态环境引起人类社会经济活动的变化等方面研究。国内对生态脆弱性的研究起步较晚, 在 20 世纪 80 年代末 90 年代初, 我国地学、环境生态学等领域的学者才将 Ecotone 中过渡地带思想引入到各自的研究领域中, 从而形成了生态环境过渡带、生态环境脆弱带、生态脆弱带等相关概念, 由此国内学者的关注程度不断加深。关于生态环境脆弱性的评价问题, 不同学者由于各自学科领域和研究方法不同, 进行了不同视角的研究尝试。武永峰<sup>[2]</sup>等以陕西省 10 个地区(地级市)为评价单元, 利用层次分析法对陕西省脆弱生态环境进行定量评价研究, 通过计算生态环境脆弱度, 对

各市进行分级。陈正<sup>[3]</sup>以陕西榆林为例, 运用统计学方法从定量方面探讨了人口变动对生态环境脆弱性的影响, 还对人口与生态环境脆弱性变化进行了综合评价。雷波<sup>[4]</sup>等以黄土丘陵区延河流域为研究对象, 在遥感和 GIS 技术支持下, 应用空间主成分分析方法, 综合评价该区生态环境脆弱性, 并对其生态环境脆弱性特征进行简要分析。

陕西省地处西北内陆, 气候干燥, 在 80 个县当中有 28 个为生态脆弱区, 占比 35%。其中陕北地区荒漠化面积高达 4 481.70 万亩, 黄土高原水土流失面积高达 9.6 万平方公里; 陕南山区由于人口集中度高、工业化和城镇化水平高, SO<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 等工业废气的排放量过大, 已超过环境容量, 工业废水、生活污水排放量不断增加, 污染情况已十分严重。生态环境的恶化对部分地区经济社会发展制约作用越来越明显, 从近年来的情况看, 由于生态环境脆弱导致自然灾害发生的频次越来越多, 强度越来越高。近年来, 我省年成灾面积在 59 万公顷左右, 多集中在关中东部、渭南北部以及陕北地区; 洪涝灾害面积在 19 公顷左右, 多集中在夏季的陕南地区; 重点地区泥石流滑坡 1 786 处、非重点地区近 2 000 处, 分布在全省 2/3 的土地上, 多集中在陕北黄土高原以及秦巴山地。

**收稿日期:** 2015-04-23

**基金项目:** 国家社科基金项目“杨冬民: 社会资本参与生态环境保护的市场化机制研究”(14XJY006); 陕西省科技厅项目“陕西省生态环境脆弱性与经济增长动态演化机制研究”(2014KRM930)的阶段性研究成果

**作者简介:** 杨冬民(1963-), 女, 博士, 西安理工大学经济与管理学院经济与贸易系教授, 研究方向为人口、资源与环境经济学; 申淑娟(1991-), 女, 西安理工大学经济与管理学院硕士研究生, 研究方向为环境经济学。E-mail: 919811014@qq.com

陕西省的生态环境问题在全国范围内比较突出,陕北地区的风沙过渡区和黄土高原区占陕西省总面积的 45%,属于生态高度脆弱地区;陕南地区的秦岭山地和大巴山区生态破坏也很严重;关中平原的资源不合理利用现象明显,空气质量状况亦较差。因此,对陕西省的生态脆弱性进行有效的评价,科学认识我省的生态环境脆弱现状,通过科学的分析来区分不同类型的生态环境脆弱区,并提出相应治理对策,从而达到逐步改善和保护的目的,实现我省资源环境的可持续利用与社会经济的可持续发展。

本文在学者已有研究的基础上构建生态环境脆弱性的评价模型,结合陕西省的具体情况,选取若干项评价指标构成研究的指标体系,通过分析得出较为客观全面的陕西生态环境的脆弱状况,并提出相应的解决对策。

## 二、陕西省生态环境脆弱性评价体系构建

生态环境的脆弱性是由多种因素相互作用或叠加形成的。在不同的条件下,相同的原因所引起的生态脆弱程度是存在差距的<sup>[5]</sup>。因此,本文要对

陕西省生态环境脆弱程度进行评价,就要在人口、资源、环境、社会以及经济全面可持续发展的基础上,遵循主导因素、科学性与实践性相结合的原则,对各地区环境因子进行全面分析,来构建陕西省生态环境脆弱性评价体系。

### 1. 研究方法

从目前的研究成果来看,关于生态环境脆弱性评价的研究方法多集中为专家咨询法和层次分析法,通过对前人研究成果的研究发现,使用以上两种方法确定指标权重时主观性较大。

本文采用主成分分析法对陕西省生态环境脆弱性进行综合评价,评价结果比较客观,有效地避免了主观因素的影响,使得结果更加准确<sup>[6]</sup>。

### 2. 评价指标体系的建立

本文从陕西省各地区生态环境和社会经济的实际情况出发,选取了生态环境敏感性较强的因子。从生态敏感度、生态压力度、生态恢复度三个方面进行评价分析,同时考虑到数据的易得性并且与生态环境脆弱性密切相关的因子进行陕西省生态环境脆弱性评价(表 1)。所有指标原始数据均可以在《陕西省统计年鉴》《陕西省各市统计年鉴》以及《陕西省环境统计年鉴》上获得。

表 1 陕西省生态环境脆弱性评价指标体系

总目 标层	二级 指标	三级 指标	数据来源 (均以所研究地区为依据)	指标 单位
陕 西 省 生 态 环 境 脆 弱 性 评 价 体 系	生态 敏感 度指 标	地表起伏度	地区最高—地区最低/全国最高—全国最低	%
		年降水量	2004-2013 年十年降水量的平均值	mm
		干旱指数	蒸发量/降水量	%
		水土流失面积	统计年鉴	千公顷
		自然灾害受灾人口	统计年鉴	万人次
	生 态 压 力 度指 标	人口密度	人口总数/土地总面积	人/平方千米
		水资源总量	水资源总量/人口总数	亿立方米
		SO <sub>2</sub> 排放量	统计年鉴	吨
		COD 排放量	统计年鉴	吨
		旱地占耕地面积比	旱地总数/耕地总面积	%
	恢 复 度指 标	人均 GDP	统计年鉴	元
		农村人均纯收入	统计年鉴	元
		城镇化率	统计年鉴	%
		自然灾害直接经济损失	统计年鉴	亿元
		森林覆盖率	林地面积+草地面积/土地总面积	公顷
		人工造林面积	统计年鉴	公顷
		新增耕地面积	统计年鉴	千公顷
		水土流失治理面积	统计年鉴	千公顷

数据来源:《陕西省统计年鉴》《陕西省环境统计年鉴》。

3. 数据标准化

由于原始数据的量纲与量级具有非划一性, 为避免计算结果偏误或错误, 原始数据必须进行数据标准化处理。经过数据标准化处理的指标数值介于 0~1 之间<sup>[7]</sup>。

三、 陕西省生态环境脆弱性的评价与结果分析

1. 陕西省生态环境脆弱性评价分析

对上述 18 个评价因子运用 SPSS19 软件进行主成分分析, 使每个公因子上具有最高载荷的变量数最少, 用方差最大法进行正交旋转, 以简化对因子的解释。通过分析得出 4 个因子旋转后的累计方差, 即因子贡献率达到 90.879% (表 2), 而且特征碎石图存在明显的拐点。

保留 4 个主要因子, 剔除其他因子, 将 4 个主要因子 91.099% 的累积贡献率换算成百分比制, 各因子权重见表 3。

表2 解释的总方差

成份	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差的%	累积%	合计	方差的%	累积%	合计	方差的%	累积%
1	7.200	39.999	39.999	7.200	39.999	39.999	4.575	25.419	25.419
2	4.439	24.664	64.662	4.439	24.664	64.662	4.538	25.211	50.630
3	3.168	17.598	82.260	3.168	17.598	82.260	4.191	23.284	73.914
4	1.591	8.839	91.099	1.591	8.839	91.099	3.093	17.185	91.099

表3 各因子权重

					%
	1	2	3	4	累积贡献率
累积权重	39.999	24.644	17.598	8.839	91.099
换算权重	43.907	27.052	19.317	9.703	100

通过旋转后的因子载荷矩阵 (表 4) 得出: 第一主成分与地表起伏度、年降水量、旱地占耕地面积比、水土流失治理面积呈正相关; 人口密度、COD 排放量、农村人均收入呈负相关是自然条件的代表。第二主成分与干旱指数、水土流失面积、人均 GDP、人工造林面积、新增耕地面积、水土流失治理面积呈正相关; 水资源总量呈负相关是社会经济的代表。第三主成分与自然灾害受灾人口、SO<sub>2</sub> 排放量呈正相关; 城镇化率、森林覆盖率呈负相关是人口因素的代表。第四主成分与自然灾害直接经济损失呈正相关是受灾损失的代表。用表 4 中的数据除以主成分对应的特征值的开平方根便得到 4 个主成分中每个指标所对应的系数, 则 4 个主成分的数学模型分别如下:

$$F1=0.008*F1+0.03*F2+0.104*F3+0.233*F4+...+0.21*F18$$
$$F2=-0.114*F1+0.076*F2+0.039*F3+0.06*F4+...$$

$$...+0.032*F18$$
$$F3=0.066*F1+0.271*F2-0.163*F3+0.051*F4+...+0.05*F18$$
$$F4=-0.035*F1+0.081*F2+0.003*F3+0.049*F4+...+0.029*F18$$

以每个主成分所对应的特征值占所提取主成分总的特征值之和的比例作为权重, 计算主成分综合模型:  $F=0.254*F1+0.252*F2+0.233*F3+0.172*F4$

2. 陕西省生态环境脆弱性评价结果

根据主成分模型计算各个研究单元的得分, 并进行归一化处理, 然后进行排序, 得出结果 (表 5)。按照计算结果, 可将陕西省各市生态脆弱度划分为轻度脆弱、中度脆弱、高度脆弱、极度脆弱。其中: 轻度脆弱 ( $0.05 > X \geq 0.01$ )、中度脆弱 ( $0.10 > X \geq 0.05$ )、高度脆弱 ( $0.15 > X \geq 0.10$ )、极度脆弱 ( $X \geq 0.15$ ), 据此划分标准, 可将陕西省十个地市划分为以下四类<sup>[8]</sup> (表 6)。

表4 因子载荷矩阵

	成 份			
	1	2	3	4
地表起伏度	0.889	-0.181	-0.002	-0.063
年降水量	0.655	-0.578	-0.073	0.392
干旱指数	-0.477	0.811	0.031	-0.049
水土流失面积	0.603	0.714	0.025	0.276
自然灾害受灾人口	-0.083	0.061	0.929	-0.211
人口密度	-0.935	-0.078	-0.066	0.208
水资源总量	0.539	-0.640	0.053	0.503
SO2排放量	-0.606	0.042	0.768	0.019
COD排放量	-0.857	-0.081	0.257	0.281
旱地占耕地面积比	0.711	0.300	-0.356	-0.477
人均GDP	-0.022	0.831	-0.369	0.376
农村人均收入	-0.701	0.303	-0.449	0.410
城镇化率	-0.590	0.104	-0.750	0.074
自然灾害直接经济损失	0.606	-0.198	0.432	0.535
森林覆盖率	0.504	-0.532	-0.583	-0.100
人工造林面积	0.551	0.696	0.252	0.175
新增耕地面积	0.612	0.634	0.121	-0.123
水土流失治理面积	0.685	0.622	0.043	0.222

表 5 主成分模型计算得分

	F1	F2	F3	F4	F	F 归一	排序
西安	-0.713	1.636	-0.374	1.709	-0.212	0.058	6
铜川	-0.855	-1.015	-1.168	0.548	0.405	0.11	5
宝鸡	-0.567	0.167	0.448	0.388	-0.209	0.057	7
咸阳	-0.224	0.57	-0.725	-0.166	-0.06	0.016	10
渭南	-0.113	1.184	-0.599	-2.237	-0.572	0.157	4
延安	1.184	-0.762	-0.692	0.234	0.707	0.193	1
汉中	0.018	0.377	2.148	0.027	-0.586	0.16	3
榆林	2.282	0.108	-0.058	0.354	0.627	0.172	2
安康	-0.323	-0.812	1.136	-0.264	-0.188	0.051	8
商洛	-0.738	-1.392	-0.116	-0.592	0.088	0.024	9

表 6 生态脆弱性综合评价结果

脆弱度等级	地区名称	所占面积比	比重
轻度脆弱 (0.05>X≥0.01)	咸阳、商洛	14.29	20
中度脆弱 (0.10>X≥0.05)	西安、宝鸡、安康	25.12	30
高度脆弱 (0.15>X≥0.10)	铜川	1.89	10
极度脆弱 (X≥0.15)	渭南、延安、汉中、榆林	58.70	40

根据表 6 的结果，制作出陕西省各市生态脆弱度空间分布图<sup>[9]</sup>（图 1）。

四、 结论及对策

综上所述，陕西省生态环境处于不稳定状态，

外界干扰较重，处于高度脆弱性程度状态以上的区域较大，在这些地区，人类不合理的资源开发利用产生了生态环境的退化，较易引起滑坡、崩塌、泥石流、水土流失等生态环境问题的发生。

陕西省生态环境脆弱是其自然因子和人为活

动长期相互交替作用的结果,为确保陕西省社会经济的可持续发展,必须把生态环境保护与社会经济发展协调统一起来。从而实现社会、经济和生态效益的有机统一。

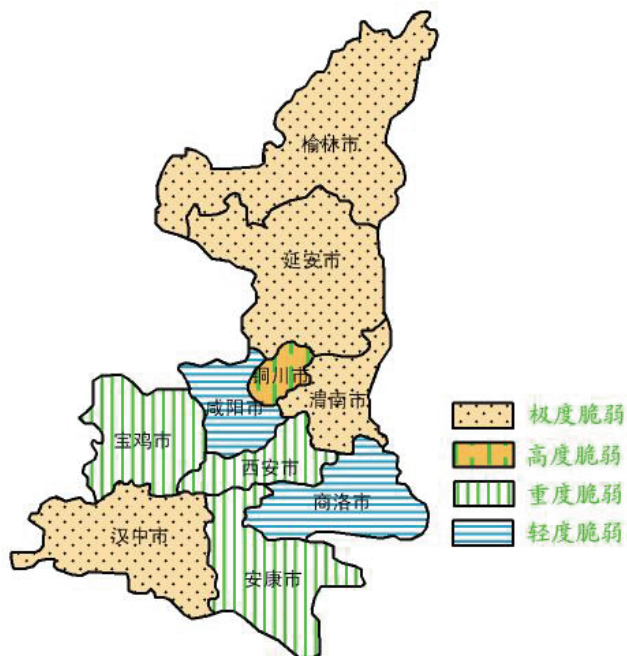


图1 陕西省各市生态脆弱度空间分布

### 1. 加强生态环境保护宣传教育

保护生态环境是每一个公民的义务,通过不断的对保护环境进行宣传,唤醒每一个公民保护环境的意识;积极引导新闻媒体、公民以及社会团体来监督企业的环境保护行为,实现共同参与、共同保护的良好氛围;大力落实开展绿色社区、绿色工厂、绿色校园和绿色家庭等基层群众性创建活动,充分发挥居委会、工会、共青团等基层群众组织的作用,带动各基层组织参与到环境保护中。通过大力宣传教育,最终实现全社会生态文明意识的增强。

### 2. 落实生态环境保护领导责任制

政府每一级的主要领导以及各单位、企业的主要负责人,是自己领导或负责区域的生态保护的负责人。责任到人,安排相关领导主管生态环境保护工作,需要做到以下几个方面:提高认识、认真负责、完善保障措施和加大资金投入。各级政府建立生态环境保护的领导责任考核制度,将负责区域的生态环境保护情况纳入各级领导及班子的日常和年度考核中,并提高其考核份量,将考核结

果纳入各级干部奖惩和选拔中,在政府绩效考核中实施生态环境保护的一票否决制。

### 3. 加快生态保护的政策和法规建设

各地政府部门要大力贯彻宣传国家现有的各种环保法律,用法律的手段增强公民的环保意识。同时要结合当地的自身实际情况,制定相应的环保法规,做到有法可依,有法必依,从而更有效的保护生态环境。例如:制订垃圾处理产业化、环保产业市场、排污权交易、污染物排放监督管理、取水许可监督管理、城市垃圾处理收费、生态示范区建设管理等相关政策规定<sup>[10]</sup>;研究制订农业生态环境保护、耕地保养管理、流域水系保护、地质灾害防治、防震减灾、防洪、地下水管理、防震减灾、防洪、地下水管理、防震减灾、全民义务植树、生态公益林管护、矿山生态环境保护与治理等领域的地方性法规。

### 4. 构建科学决策程序

生态环境的保护应该存在于每一个环节,尤其是在前期的决策上。在一个地区的城市总体的规划、土地的利用规划、区域资源的开发、产业结构的调整等重大决策制定与实施中,为了决策的科学性,应该首先考虑环境影响评价问题。健全生态环境保护协调机制,使环境与发展综合决策更规范化、制度化。加强各级生态环境保护部门对负责区域的生态环境保护工作的监督,明确各部门的环保任务和职责。加强组织协调,探索生态环境多要素综合管理机制。

### 5. 构建有利于生态环境保护的财政税收体系

政府要对采取循环经济产业和生产环境友好产品的企业给予税收减免和优先采购<sup>[11]</sup>。政府在资源的定价方面要充分考虑到生态环境的保护。政府应该建立保护生态环境的专项基金,用于奖励那些为保护生态环境做出贡献的集体或个人。政府应该大力实行区域的生态补偿政策,开发区域补偿保护区域、下游区域补偿上游区域等。关于矿产资源开发要坚持“谁开发、谁保护、谁利用、谁补偿”的原则,向矿产资源开发者按标准收取生态保证金,根据矿产资源开发者对生态恢复情况决定是否退还保证金,增强对社会投资者恢复治理生态环境的约束力。

## 参 考 文 献

- [1] 蔡海生,张学玲,周丙娟. 生态环境脆弱性动态评价的理论与方法[J]. 中国水土保持,2009(2):18-22.
- [2] 武永峰,任志远. 陕西省脆弱生态环境定量评价研究[J]. 干旱区资源与环境,2002(2):10-14.
- [3] 陈正. 人口对生态环境脆弱性影响的相关分析:以陕西榆林为例[J]. 西安财经学院学报,2008(1):55-58,82.
- [4] 雷波,焦峰,王志杰,等. 延河流域生态环境脆弱性评价及其特征分析[J]. 西北林学院学报,2013(3):161-167.
- [5] 雷维运,张玉龙. 云南省生态环境脆弱性评价探索[J]. 环境科学导刊,2008(2):76-79.
- [6] 岳斯玮. 主成分分析在生态城市建设能力评价中的应用研究[D]. 成都:成都理工大学,2011.
- [7] 王经民,汪有科. 黄土高原生态环境脆弱性计算方法探讨[J]. 水土保持通报, 1996, 16(3):32-36.
- [8] 王娟娟,何佳琛. 西部地区生态环境脆弱性评价[J]. 统计与决策, 2013(22): 49-52.
- [9] 张德君,高航,杨俊,等. 基于 GIS 的南四湖湿地生态脆弱性评价[J]. 资源科学,2014,36(4): 874-882.
- [10] 胡志强,段德忠,曾菊新. 武汉城市圈经济-社会-资源环境系统脆弱性研究[J]. 湖北大学学报:自然科学版, 2014, 36(2):487-494.
- [11] 卢艳丽,丁四保,王荣成,等. 生态脆弱地区的区域外部性及其可持续发展[J]. 中国人口资源与环境,2010,20(7): 68-73.

## The Vulnerability Assessment of Ecological Environment in Shaanxi Province

YANG Dong-min, SHEN Shu-juan, ZHAO De-pin

(School of Economics and Business Administration, Xi'an University of Technology, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** The ecological environment vulnerability of one region shows the anti-interference ability of regional ecological system. A healthy ecological environment is the premise for the sustainable development of the region. The vulnerability assessment of the ecological environment of Shaanxi province is of great importance for promoting ecological construction and achieving the sustainable development of the social economy. Based on PCA (principle component analysis), and the analysis of the vulnerability degree of the ecological environment in cities of Shaanxi, the paper puts forward the corresponding control and improvement measures, which provide reference for the relevant departments of the government to formulate sustainable development decision and protect the regional ecological environment.

**Key words:** ecological environment; vulnerability; principal component analysis; sustainable development

【编辑 吴晓利】