

基于 PSR 模型的宁夏地区生态环境变化特征研究

丁彩霞, 延军平

(陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710119)

摘要: [目的] 分析和评价宁夏回族自治区生态环境变化特征, 为该地区生态环境建设提供理论依据。[方法] 构建基于“压力—状态—响应”(PSR)模型的生态环境综合评价体系, 应用熵值法系统评价宁夏地区 1986—2012 年生态环境变化及其特征。[结果] (1) 1986—2012 年, 宁夏地区生态环境压力呈波动增加趋势, 需加强实施产业结构调整, 节能减排, 循环经济等措施的力度。伴随着气候的暖干化, 未来宁夏地区生态环境建设将面临新的挑战; (2) 宁夏地区生态环境状态得分呈波动增加趋势, 生态环境逐渐趋于好转; (3) 宁夏地区生态环境响应得分呈增加趋势, 说明宁夏地区生态环境治理与保护投入水平提高; 在相关生态建设措施的实施下, 人类活动对环境的压力有所减少, 生态环境质量逐步好转; (4) 宁夏地区生态环境综合得分呈波动上升趋势。[结论] 近 27 a 来, 宁夏地区生态环境质量总体提高。

关键词: 生态环境; “压力—状态—响应”(PSR)模型; 宁夏回族自治区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)03-0191-06

中图分类号: X171.3

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.03.041

Research on Eco-environmental Evolution Characteristics in Ningxia Hui Autonomous Region Based on PSR Model

DING Caixia, YAN Junping

(College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710119, China)

Abstract: [Objective] To analyze the characteristics of eco-environment evolution in Ningxia Hui Autonomous Region in order to provide theoretical basis for eco-environment construction. [Methods] By building the eco-environmental evaluation system based on the press—state—response model, the characteristics of the eco-environment in Ningxia Hui Autonomous Region from 1986 to 2012 were evaluated. [Results] (1) The pressure of eco-environment trended to increase in Ningxia Hui Autonomous Region during 1986 to 2012, so it should strengthen the implementation of industrial restructuring, energy conservation and emission reduction, recycling economy and other measures. (2) The ecological environment showed a trend of increased volatility, and the ecological environment improved gradually. (3) The ecological response scores of Ningxia Hui Autonomous Region tended to increase, it indicated that the investment of govern and protection level increased in eco-environment in Ningxia Hui Autonomous Region. In the implementation of the relevant eco-building measures, the pressure of human activities on the environment decreased, the quality of ecological environment improved gradually. (4) The ecological environment comprehensive score of Ningxia Hui Autonomous Region showed a fluctuated upward trend. [Conclusion] During the past 27 years, the quality of ecological environment is increasing in Ningxia Hui Autonomous Region.

Keywords: eco-environment; press—state—response model; Ningxia Hui Autonomous Region

宁夏回族自治区深居中国内陆, 远离海洋, 西、北、东三面沙漠环绕, 独特的自然地理位置决定了宁夏自然环境的过渡性、脆弱性、干旱性及多样性等特征。20 世纪人类大规模、无节制、掠夺性的资源开发

活动, 严重破坏了当地的生态环境, 进入 21 世纪, 随着人们环境保护意识增强, 相关生态建设措施相继实施, 宁夏生态环境质量逐步好转。未来宁夏地区生态环境的变迁, 仍面临着许多使生态环境恶化的因素,

收稿日期: 2014-03-28

修回日期: 2014-04-25

资助项目: 国家自然科学基金项目“部分重大自然灾害的时空对称性: 结构、机理与适应对策”(41171090)

第一作者: 丁彩霞(1988—), 女(回族), 宁夏同心县人, 硕士研究生, 研究方向为区域开发与城乡发展等。E-mail: 5062264_ha@163.com。

通信作者: 延军平(1956—), 男(汉族), 陕西省绥德县人, 博士, 教授, 主要从事自然灾害与环境变化研究。E-mail: yanjp@snnu.edu.cn。

如气候的暖干、稀疏的植被、人口的快速增长的以及较为低下的人口素质等。生态环境靠自然恢复是漫长和困难的,因此必须进行大规模人为干预,投入大量的资金、人力和科技,开展大规模的环境治理和生态建设活动^[1]。生态环境建设是一个长期而艰难的历程,在恰当评价和认识当前生态环境的前提下,因地制宜,合理规划,要重新建立良性循环的生态系统^[2-3]。

“压力—状态—响应”(press—state—response)框架是为了评价生态环境状况最早由经济合作组织(OECD)提出的评价模式^[4]。基本思路是人类活动施加给自然资源和环境的压力改变了生态环境质量;社会通过经济、环境等管理措施对已有变化做出响应,减轻生态环境压力,维持生态环境的健康稳定发展。目前该模型在中国的人地关系及可持续发展领域应用较为广泛,尤其是在生态环境评价方面,取得许多重要研究成果^[5-8]。宁夏地区生态环境具有典型的“压力—状态—响应”的变化特征,本文通过“压力—状态—响应”分析框架,构建宁夏地区生态环境“压力—状态—响应”评价指标体系,系统评价宁夏地区1986—2012年生态环境变化特征,总结宁夏地区生态环境建设中存在的问题,分析其成因并提出相应对策,以期对未来宁夏地区生态环境建设提供理论依据。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区概况

宁夏回族自治区占地面积 $5.18 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占中国国土面积的 0.6%, 南北狭长、东西短窄, 黄河从中北部穿越, 地处中国地质、地貌、“南北中轴”的北段, 处在黄河中上游及黄土高原与沙漠的过渡地带, 位于中国自然区划的 3 大自然区: 东部季风区、西北干旱区和青藏高寒区的交汇区附近^[9]。是中国典型的气候变化敏感区、农牧交错区及生态脆弱区。

1.2 评价指标体系

依据科学性、动态性、综合性、客观性及可操作性的原则, 结合宁夏地区生态环境发展的实际情况, 构建基于“压力—状态—响应”模型的宁夏地区生态环境综合评价指标体系(表 1)。将宁夏地区生态环境评价分为 3 个部分, 包括生态环境压力、生态环境状态、生态环境响应。其中生态环境压力是指当年的生态环境所面临的压力, 对生态环境起负作用, 它的值越高说明生态环境压力越大; 生态环境状态代表了当年的生态环境状况, 它的值越高, 说明生态环境状况越好; 生态环境响应是指当年生态环境保护与治理程度, 它的值越高, 说明其对生态环境质量的提升作用越大。

表 1 宁夏地区生态环境综合评价指标体系

I 级指标	II 级指标	III 级指标	指标权重
生态环境质量综合指数(E)	生态环境压力(P)	人均工业废水排放量 X_1 (t/人)	0.039 696 65
		人均工业固体废弃物排放量 X_2 (t/人)	0.016 184 42
		人均废气排放量 X_3 (m^3 /人)	0.022 877 41
		人均二氧化硫排放量 X_4 (t/人)	0.017 994 05
		人口自然增长率 X_5 /%	0.036 823 98
		人均化肥 X_6 (t/人)	0.063 892 15
		沙化土地面积 $X_7/10^4 \text{ hm}^2$	0.070 998 93
		沙尘暴次数 X_8	0.050 677 84
		年平均气温 X_9 ($^{\circ}\text{C}$)	0.042 763 91
		年平均降水量 X_{10} (mm)	0.027 494 07
	生态环境状态(S)	人均耕地面积 X_{11} (hm^2 /人)	0.059 031 77
		人均粮食产量 X_{12} (kg/人)	0.029 578 98
		人均 GDP X_{13} (元)	0.131 014 80
		林木覆盖率 X_{14} (%)	0.040 211 13
		总悬浮物(TSP)年均浓度 X_{15}	0.017 641 67
		生态环境响应(R)	工业固体废弃物综合利用率 X_{16} (%)
	工业废水达标率 X_{17} (%)		0.082 325 36
	人均污染治理投资 X_{18} (元)		0.116 252 43
	单位 GDP 能源消耗 X_{19} ($\text{t}/10^4$ 元)		0.032 323 17
	林业面积 $X_{20}/10^4 \text{ hm}^2$		0.064 477 74

1.3 评价方法与模型

为尽可能确保人为确定权重的客观性,本文选取客观赋权方法熵值法对宁夏地区生态环境发展状况进行评价。在信息论中,信息可以度量系统的有序程度,信息熵可以度量系统的无序程度,二者符号相反,绝对值相等,若某项指标变异程度越大,则信息熵就越小,说明该指标提供的信息量越大,该指标的权重也相应越大;相反,某项指标变异程度越小,则信息熵越大,该指标所提供的信息量越小,因此该指标的权重也越小^[10]。使用熵值法确定权重 W_i 的详细步骤略^[10]。根据各指标权重,确定生态环境压力、生态环境状态、生态环境响应得分:

$$P_i = \sum_j r_{ij} W_i \quad (1)$$

$$S_j = \sum_i r_{ij} W_i \quad (2)$$

$$R_j = \sum_i r_{ij} W_i \quad (3)$$

式中: P_j 、 S_j 、 R_j ——生态环境压力、状态、响应得分; R_{ij} ——指标标准化值; W_i ——各指标权重。本文认为,生态环境是关于生态环境压力、生态环境状态、生态环境响应三者间的函数,拟定生态环境综合得分为:

$$E_j = (S_j \times R_j) / P_j \quad (4)$$

2 宁夏地区生态环境变化特征

根据表 1 所确定的评价指标体系,本文选取了宁夏地区 1986—2012 年生态环境评价相关数据,数据主要来源于《1987—2013 年宁夏统计年鉴》^[11]《1987—2013 年中国统计年鉴》^[12]《1999—2012 年宁夏环境状况公报》^[13]等。根据公式(1)和(2)得出宁夏地区生态环境压力、状态、响应得分及综合得分(表 2)。

2.1 宁夏地区生态环境压力变化

从生态环境压力方面来看,1986—2012 年,宁夏地区人均工业三废排放量均呈增加趋势(表 3),其中人均工业废水排放量从 1986—1989 年的 19.35 t/人增加到 2000—2012 年的 27.16 t/人,人均工业固体废弃物排放量 0.7 t/人增加到 2.05 t/人,人均工业废气排放量从 11 645.21 m³/人增加到 39 806.02 m³/人,人均工业 SO₂ 排放量从 0.027 0 t/人增加到 0.068 2 t/人,远高于全国平均水平。工业废弃物排放量逐年增加,对环境的压力增大。

截至 2012 年,宁夏地区现有沙化土地面积 1.16 × 10⁶ hm²(表 4),占宁夏国土总面积的 22.4%,1986—2012 年,沙化土地面积呈减少趋势,27 a 间沙化面积减少了 1.07 × 10⁵ hm²。沙漠化治理取得一定

成果,但沙化危害依然突出,沙化面积局部依然呈扩展趋势,治理难度较大,治理好的稳定性也较差。宁夏在 20 世纪 80 年代共发生 9.4 次沙尘暴,90 年代减少为 4.4 次,而 2000 年之后,扬沙、浮尘天气发生次数有所提高,在总体降低趋势中呈现出反弹,但是沙尘暴天数总体依然呈减少趋势,为 1.9 次。这表明在相关生态建设措施的实施下,如采取限牧、轮牧、禁牧相结合、推行禁止采挖甘草、搂发菜等,人类活动对环境的压力有所减少,生态环境质量逐步好转。

表 2 宁夏地区生态环境压力—状态—响应及综合得分

年份	生态环境压力(P^-)	生态环境状态(S^+)	生态环境响应(R^+)	综合得分(E)
1986	0.195 3	0.029 9	0.011 5	0.001 8
1987	0.172 5	0.029 5	0.010 8	0.001 9
1988	0.199 1	0.038 7	0.011 4	0.002 2
1989	0.182 3	0.037 0	0.033 0	0.006 7
1990	0.180 3	0.046 8	0.039 1	0.010 1
1991	0.205 9	0.045 4	0.065 6	0.014 5
1992	0.215 6	0.036 0	0.055 7	0.009 3
1993	0.229 0	0.042 7	0.057 3	0.010 7
1994	0.222 3	0.044 0	0.102 1	0.020 2
1995	0.261 2	0.045 3	0.098 5	0.017 1
1996	0.255 0	0.055 3	0.074 9	0.016 3
1997	0.224 4	0.053 9	0.080 3	0.019 3
1998	0.214 3	0.123 4	0.086 1	0.049 6
1999	0.246 3	0.128 8	0.088 4	0.046 2
2000	0.228 8	0.127 4	0.113 9	0.063 4
2001	0.229 5	0.132 9	0.136 0	0.078 8
2002	0.245 4	0.124 2	0.148 7	0.075 3
2003	0.271 3	0.108 5	0.136 2	0.054 5
2004	0.245 5	0.108 2	0.222 6	0.098 1
2005	0.208 2	0.113 9	0.195 6	0.107 0
2006	0.204 2	0.123 0	0.221 4	0.133 3
2007	0.194 7	0.129 1	0.241 3	0.160 0
2008	0.216 3	0.144 5	0.322 6	0.215 5
2009	0.186 5	0.170 4	0.267 3	0.244 3
2010	0.215 3	0.188 3	0.245 6	0.214 8
2011	0.219 9	0.212 2	0.265 3	0.256 1
2012	0.236 5	0.232 9	0.300 5	0.295 9

注:表中+、-分别表示对生态环境的正、负效应。

表 3 宁夏人均工业废弃物排放量

年份	废水排放量/ (t·人)	固体废弃物/ (t·人)	废气排放 量/m ³	SO ₂ 排放量/ (t·人)
1986—1989	19.351 2	0.705 0	11 645.21	0.027 0
1990—1999	17.208 9	0.794 2	18 729.13	0.034 4
2000—2012	27.163 1	2.055 8	39 806.02	0.068 2

表 4 1986—2012 年宁夏沙化土地总面积^[14]

年份	沙化土地面积/ 10^4 hm^2	变化值/ 10^4 hm^2	变化率/%
1986—1990	126.9	—	—
1991—1994	125.6	-1.3	-1.0
1995—1999	120.8	-4.8	-3.8
1999—2004	118.3	-2.5	-2.1
2004—2012	116.2	-2.1	-1.8

1986—2012 年宁夏气候呈暖干化趋势(图 1),其中,气温在波动中呈显著上升趋势,多年平均气温为 $8.83 \text{ }^\circ\text{C}$,上升速率为 $0.39 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$,远高于西部平均变暖率($0.2 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$),1986—2012 年宁夏降水量总体呈下降趋势,下降速率为 $1.073 \text{ mm}/10 \text{ a}$,27 a 平均降水量为 251.19 mm 。气温升高、降水量减少会引起区域水体的蒸发量加大,蒸发强度提高,加重旱情,使得河流水量减少,湖泊面积退缩,植被退化等,从而加速沙漠化的扩展,引起地区生态环境恶化。伴随着气候的暖干化,未来宁夏地区生态环境建设将面临新的挑战。总体来看,宁夏地区生态环境压力各项指标有增有减,其中工业废弃物排放量增加,对环境的压力加大,沙化面积和沙尘暴次数减少,生态环境压力有所改善,但整体得分呈上升趋势,由 1986 年的 0.1953 上升到 2012 年的 0.2365 ,说明 1986—2012 年环境压力加大。

2.2 宁夏地区生态环境状态变化

1986—2012 年,宁夏地区生态环境状态得分呈波动上升趋势,从 1986 年的 0.0299 增加到 2012 年的 0.2329 ,生态环境状况有所改善。

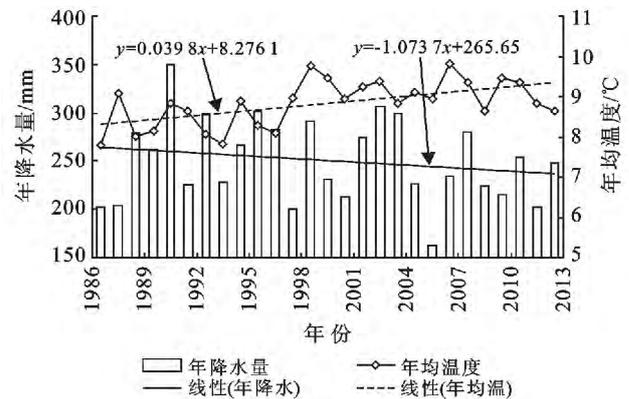


图 1 宁夏 1986—2012 年气候变化特征

1990 年起根据国家林业局的统一安排,宁夏建立森林资源连续清查体系,每 5 a 进行 1 次监测调查,共进行了 5 次调查(表 5)。

截至 2010 年,宁夏林地面积共 $1.80 \times 10^6 \text{ hm}^2$,占土地面积的 34.66% ,其中:森林面积 $6.180 \times 10^5 \text{ hm}^2$,森林覆盖率为 11.89% ;疏林地 $2.65 \times 10^4 \text{ hm}^2$,未成林地 $2.41 \times 10^5 \text{ hm}^2$,无立木林地 $3.01 \times 10^5 \text{ hm}^2$,宜林地 $5.85 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。林地面积逐年增加,生态环境状况得到改善。

表 5 宁夏地区生态环境建设状况^[15-16]

年份	林地面积/ 10^4 hm^2	森林面积/ 10^4 hm^2	疏林地/ 10^4 hm^2	未成林地/ 10^4 hm^2	宜林地/ 10^4 hm^2	森林覆盖率/%
1990	102.73	25.12	4.64	3.56	71.95	4.85
1995	100.40	32.99	1.92	2.76	64.32	6.37
2000	115.34	43.50	1.52	2.00	68.82	8.04
2005	179.03	51.12	2.08	47.95	68.23	9.84
2010	180.10	61.80	2.65	24.07	58.47	11.89

2.3 宁夏地区生态环境响应变化

生态环境响应方面,宁夏地区工业固体废弃物综合利用率、工业废水排放达标率及人均污染治理投资逐年提高,但仍低于全国平均水平。从万元 GDP 能源消耗来看(表 6),宁夏地区能源用效率有所提升,单位 GDP 能耗由 1986—1989 年标准煤 $11.8 \text{ t}/\text{万元}$ 降低到 2000—2012 年标准煤 $3.29 \text{ t}/\text{万元}$,仍高于全国平均水平。从环境治理来看,宁夏地区人均工业污染治理投资波动较大,随经济总量的提高而不断提升,但与发达地区相比仍有较大差距。1986 年,宁夏地区人均工业污染治理投资为 0.772 元 ,而到 2012

年人均工业污染治理投资额为 67.06 元 。2000 年起宁夏开始实施的退耕还林还草、禁牧等措施,对该地生态环境产生了积极的影响,扭转了上世纪生态环境恶化的局面,生态环境有所好转。总体来看,宁夏地区生态环境响应得分呈增加趋势,从 1986 年的 0.0115 增加到 2012 年的 0.3005 。说明宁夏地区生态环境治理与保护投入在逐年增加,对生态环境质量的提升作用越来越大。

2.4 宁夏地区生态环境时间变化特征

1986—2012 年,宁夏地区生态环境总体好转,不同时期波动变化。随着各项生态环境建设措施的实

施,宁夏生态环境恢复效果开始显现,生态环境综合得分逐年提高,生态环境质量逐渐好转。尤其是在2000—2012年,宁夏地区生态环境持续改善,生态环境综合得分显著提升(图2)。

表6 宁夏地区工业污染治理

年份	工业固体废弃物综合利用率/%	工业废水达标率/%	人均污染治理投资/元	单位GDP能源消耗(t/万元)
1986—1989	11.925 0	31.585 0	2.119 27	11.803 7
1990—1999	28.200 0	36.380 0	9.480 38	5.982 39
2000—2012	55.056 2	69.709 2	67.063 36	3.296 81

3 宁夏地区生态环境变化成因分析

宁夏地区的生态环境变化与该区域经济开发活动密切相关,一方面,生态环境对于区域经济开发的响应具有时滞性,生态环境的变化对区域经济的不同开发阶段表现出滞后效应,二者综合反映生态环境的波动变化特征;另一方面,在宁夏经济发展的不同阶段,因为开发强度的差异,对生态环境产生的影响不同^[17],生态环境的演变特征也不同。除此之外,近27 a宁夏地区生态环境演变又具有其他特殊影响因素。

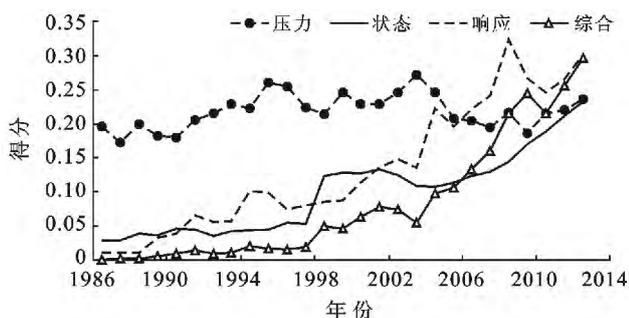


图2 宁夏地区生态环境压力—状态—响应变化过程及综合变化趋势

3.1 实施重点生态工程改善宁夏地区生态环境

宁夏所进行的生态建设措施包括通过种树种草、保水保土等措施,来提高地表植被覆盖度,改善和调节生态系统中存在的不合理生态关系,提高生态系统的自我调节能力,逐步实现生态系统的良性发展,区域人口、资源、环境的协调和可持续发展。2000年西部大开发实施以来,宁夏地区相继实施了退耕退牧还林还草,天然林保护,生态移民等重点生态建设工程,以及环境保护,产业结构调整,节能减排等重大项目的实施,宁夏生态环境得到了一定的改善^[18-20]。2000—2007年退耕还林工程累计建设面积2 570 hm²,退牧

还草工程累计保护面积3 460 hm²,天然林保护工程也全面展开,目前已取得了明显的生态效益、社会效益和一定的经济效益。

3.2 产业结构特征与生态环境保护矛盾突出

宁夏以采掘、原料和能源工业为主,其工业发展以消耗不可再生资源为代价,所消耗能源也以原煤为主,造成宁夏工业三废排放居高不下。2004年,按工业总产值(现价)计算,宁夏工业固体排放量为240.25 t/亿元,全国为151.5 t/亿元,工业废水排放量为 4.01×10^5 t/亿元,全国为 1.66×10^5 t/亿元,工业废气排放量为6.59 m³/亿元,全国为1.50 m³/亿元。宁夏工业三废排放较大,各项指标均高于全国水平,对环境污染较大^[21]。从发展趋势看,1986—2012年宁夏工业固体废物、废气、废水排放量逐年上升,环境污染趋势上升显著。

4 结论与讨论

(1) 1986—2012年,宁夏地区生态环境压力呈波动增加趋势,需加强实施产业结构调整、节能减排、循环经济等措施的力度。近27 a宁夏气候呈暖干化趋势,气温升高、降水量减少会引起区域水体的蒸发量加大,加重旱情,使得河流水流量减少,湖泊面积退缩,植被退化等,从而加速沙漠化的扩展,引起地区生态环境恶化。伴随着气候的暖干化,未来宁夏地区生态环境建设将面临新的挑战。

(2) 宁夏地区生态环境状态得分呈波动增加趋势,生态环境逐渐趋于好转。截至2010年,宁夏林地面积共 1.80×10^6 hm²,占土地面积的34.66%,林地面积逐年增加,生态环境状况得到改善。

(3) 宁夏地区生态环境响应得分呈增加趋势,说明宁夏地区生态环境治理与保护投入水平提高;宁夏地区工业固体废弃物综合利用率、工业废水排放达标率及人均污染治理投资逐年提高,但仍低于全国平均水平。从万元GDP能源消耗来看,宁夏地区能源利用效率有所提升,单位GDP能耗由1986—1989年标准煤11.8 t/万元降低到2000—2012年标准煤3.29 t/万元,从环境治理来看,宁夏地区人均工业污染治理投资波动较大,随经济总量的提高而不断提升,但与发达地区相比仍有较大差距。在相关生态建设措施的实施下,如采取限牧、轮牧、禁牧相结合、推行禁止采挖甘草、搂发菜等,人类活动对环境的压力有所减少,生态环境质量逐步好转。

(4) 总体来看,虽然宁夏地区生态环境压力增大,但由于生态环境状态得分上升,及生态环境投入

增加,使得宁夏地区生态环境综合得分呈波动上升趋势,生态环境质量总体提高。随着各项生态环境建设措施的实施,宁夏生态环境恢复效果开始显现,生态环境综合得分逐年提高,生态环境质量逐渐好转。尤其是在 2000—2012 年,宁夏地区生态环境持续改善,生态环境综合得分显著提升。

宁夏地区生态环境整体好转,但仍存在很多问题。生态环境压力逐年增加,其生态环境的改善是因为生态环境状态及管理水平的提高。因此,未来要继续实施生态环境建设与保护工程,增加地方政府投入,完善国家对于宁夏地区生态建设与环境保护的财政转移支付政策,加大转移支付力度。同时,也要完善该区域环境治理协调机制,完善对山区、林区等限制开发区和禁止开发区的生态补偿机制。另外,产业结构优化调整是降低能源消耗的基础,在完善主体功能区划基础上进一步完善宁夏地区的产业结构,减轻生态环境压力。

[参 考 文 献]

- [1] 陈忠祥. 宁夏南部回族社区生态环境建设若干重要问题的探讨[J]. 干旱区地理, 2001, 24(4): 338-341.
- [2] 延军平, 张志民, 张小民, 等. 草原牧区生态与经济互动途径研究[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(4): 68-74.
- [3] 延军平, 田祥利, 宋保平. 黄土高原生态与经济互动发展实证研究[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2008, 38(4): 649-652.
- [4] 杨一鹏, 蒋卫国, 何福红. 基于 PSR 模型的松嫩平原西部湿地生态环境评价[J]. 生态环境, 2004, 13(4): 597-600.
- [5] 薛冰, 张子龙, 郭晓佳, 等. 区域生态环境演变与经济增强的耦合效应分析[J]. 生态环境学报, 2010, 19(5): 1125-1131.
- [6] 潘竟虎, 冯兆东. 基于熵权物元可拓模型的黑河中游生态环境脆弱性评价[J]. 生态与农村环境学报, 2008, 24(1): 1-4.
- [7] 陈彩虹, 齐旭明. 基于 PSR 模型的长沙市生态安全评价[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(1): 105-109.
- [8] 安春华, 马琨. 宁夏中部干旱带生态环境现状与发展策略研究[J]. 宁夏大学学报: 自然科学版, 2007, 27(4): 373-375.
- [9] 朱志玲, 吴咏梅, 张敏. 基于 GIS 的宁夏生态环境敏感性综合评价[J]. 水土保持研究, 2012, 19(4): 101-105.
- [10] 易平, 方世明. 地质公园社会经济与生态环境效益耦合协调度研究[J]. 资源科学, 2014, 36(1): 0206-0216.
- [11] 贾红邦. 宁夏统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 1987—2003 年.
- [12] 盛来运. 中国统计年鉴 2011[J]. 中国统计出版社, 1987—2011 年.
- [13] 宁夏环境保护厅. 宁夏环境状况公报[R]. 银川: 宁夏环境监测中心站, 1999—2012.
- [14] 汪泽鹏. 宁夏沙化土地现状与动态变化趋势分析探讨[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(2): 93-97.
- [15] 吕汝健, 刘康. 宁夏中部地区生态环境和生态系统受损评估研究[J]. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2004, 32(2): 106-111.
- [16] 王冲, 汪泽鹏, 张全科. 宁夏森林资源现状与快速可持续增长对策[J]. 宁夏农林科技, 2013, 54(4): 27-28.
- [17] 张志民, 延军平, 张小民. 建立中国草原生态补偿机制的依据、原则及配套政策研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(8): 142-146.
- [18] 陈豫英, 陈楠, 王式功, 等. 50a 来宁夏可利用降水的时空变化及其对生态环境的影响[J]. 中国沙漠, 2008, 28(4): 748-754.
- [19] 延军平, 徐小玲, 刘晓琼, 等. 基于生态购买的西部经济与生态良性互动发展模式研究[J]. 陕西师范大学学报: 哲学社会科学版, 2006, 35(4): 96-101.
- [20] 陈凯. 宁夏南部干旱地区生态移民与环境保护存在的问题及对策[J]. 现代农业科技, 2012(17): 254-255.
- [21] 宁夏自治区环保局. 全区工业污染概况及分布[Z]. 宁夏回族自治区环境质量报告书(2001—2005 年): 20-48.