

六盘山集中连片特困地区生态安全评价

赵莹, 刘小鹏, 郭永杰

(宁夏大学 资源环境学院, 宁夏 银川 750021)

摘要: 宁夏六盘山连片特困区生态安全评价对其环境保护和脱贫工作具有重要实践意义。以 2001—2011 年统计数据为基础, 依据 PSR(压力—状态—响应)模型构建了由 19 项指标组成的生态安全指标体系, 运用熵值法计算出六盘山连片特困地区 7 个国家级贫困县的生态安全综合指数, 并分析其时空演变趋势。结果表明: (1) 时间尺度上有 3 个明显阶段。研究区的生态安全指数首先呈现出缓慢下降(2001—2006 年)至最低点(2007—2008 年)之后, 逐渐上升(2009—2011 年)的 U 形趋势, 表明研究区的生态安全状况经历了不断恶化之后又开始逐渐好转的过程。(2) 生态安全的空间分异明显, 具体可分为 4 类地区: 彭阳、隆德和泾源县的生态安全状况优于其它地区且保持稳定; 西吉和海原县的生态安全指数始终低于其它地区; 原州区的生态安全状态逐渐好转, 到 2011 年其生态安全指数(0.528 2)仅次于彭阳县(0.619 4); 同心县生态安全状况不断恶化, 但仍高于西吉县和海原县。

关键词: 生态安全; 连片特困地区; 六盘山

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)02-0157-06

中图分类号: F061.5

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.02.034

Ecological Security Assessment on Special Poverty-stricken Areas in Liupan Mountain

ZHAO Ying, LIU Xiao-peng, GUO Yong-jie

(School of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: Ecological security assessment is important for poverty reduction and environmental protection in large poor areas in Lipan Mountain in Ningxia Hui Autonomous Region. Based on data from 2001 to 2011, press—state—response(PSR) model was used to construct index system which consists of 19 indicators in this research and entropy method was used to calculate ecological security index value of seven poverty counties in Liupan Mountain area. The results were as follows: (1) On the time scale, it can be classified as three phases: during 2001 and 2006, ecological security index value slowed down and to be lowest in 2007 and 2008, and then began to rise slowly, showing that the study area had taken a turn for the better after a period of deterioration. (2) On the space scale, it can be classified as four areas; ecological security index values of Pengyang, Longde and Jingyuan County are higher and stable; while ecological security index values of Xiji and Haiyuan County remained at a low level; ecological security state of Yuanzhou District improved gradually, and its ecological safety in 2011(0.528 2) was only next to that in Pengyang County(0.619 4); Moreover, ecological security index value of Tongxin County decreased, but still kept higher than that of Xiji and Haiyuan County.

Keywords: ecological security; special poverty-stricken areas; Liupan mountain

作为影响经济、社会发展的障碍性因素之一, 贫困问题在世界尤其是发展中国家普遍存在^[1]。尤其值得关注的是, 贫困与环境退化之间存在着一定的关系, 即贫困是环境退化的主要诱因, 而环境退化又是致贫的主要因素, 二者陷入恶性循环的怪圈^[2], 生态安全形势十分严峻。生态安全是指在人的生活、健康、安乐、基本权利、生活保障来源、必要资源、社会次

序和人类适应环境变化的能力等方面不受威胁的状态, 包括自然生态安全、经济生态安全和社会生态安全^[3-6]。多年来, 学术界以城市^[7]、土地^[8]、旅游业^[9]、湖泊^[10]、农业^[11]等系统为切入点, 以行政区(省^[12]、市^[13]、县^[14]等)或典型的地形地貌(喀斯特地貌^[15]、黄土高原^[16]、西南丘陵^[17]等)为基本的研究单元, 使用综合指数法^[18]、模糊物元分析法^[19]、可拓综合分析

收稿日期: 2013-09-07

修回日期: 2013-09-11

资助项目: 国家自然科学基金项目“宁夏六盘山区空间贫困及其分异机制研究”(41261021)

作者简介: 赵莹(1991—), 女(汉族), 河南省遂平县人, 硕士研究生, 研究方向为生态经济与生态评估。E-mail: zhaoxzhao08@163.com。

通信作者: 刘小鹏(1973—), 男(满族), 宁夏自治区海原县人, 博士, 教授, 主要从事人文地理研究。E-mail: nxdxlp@163.com。

方法^[20]、BP 神经网络^[21]等方法,对其生态安全进行了大量卓有成效地评价或模拟预测研究^[22],取得了重要的理论和实践成果。但是,从时空两个方面开展连片特殊困难地区生态安全问题的研究,仍显薄弱。根据《中国农村扶贫开发纲要(2011—2020 年)》,全国共划分了 14 个连片特困地区,是我国扶贫攻坚的主战场,同时也是主要的生态环境脆弱区,减贫与保护生态环境成为该类地区的两大任务。因此,科学认识类似地区生态安全时空演化规律,对于制定反贫困与生态安全双轮驱动策略,具有重要的理论借鉴和实践意义。

1 研究区概况

新 10 a 扶贫开发规划的六盘山连片特困地区覆

盖甘肃中东部地区 40 个县,以及宁夏回族自治区南部山区、陕西省桥山西部地区 and 青海省海东地区各 7 个县,共计 61 个县,面积达 $1.53 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。其中,宁夏回族自治区南部山区 7 县分别是固原市的原州区、西吉县、彭阳县、隆德县、泾源县,吴忠市的同心县和中卫市的海原县,共计 90 个乡(镇)、1 245 个贫困村,土地面积占宁夏全区的 38.7%,贫困发生率为 39.2%(表 1)。该地区位于我国地势的第二级阶梯,以黄土丘陵地貌为主,地势南高北低,海拔 1 500~2 954 m,年均降水量从南至北由 600 mm 降至 200 mm,土壤以黑垆土和黄绵土为主,抗冲刷能力弱,水土流失严重,自然灾害频发。宁夏地区主体功能区规划将除原州区确定为重点开发区外,其它 6 个县均为限制开发生态区。

表 1 宁夏六盘山区贫困人口分布状况

县(区)	乡/个	镇/个	村委会/个	低于贫困线(2 300 元)人数/人	贫困发生率/%
原州区	5	6	194	122 385	38.4
西吉县	16	3	306	190 169	41.6
隆德县	10	3	119	54 663	35.6
泾源县	4	3	110	40 956	36.1
彭阳县	9	3	156	87 043	37.8
同心县	4	7	194	116 273	37.8
海原县	12	5	166	174 110	41.3
合计	60	30	1 245	785 599	39.2

注:资料来源于宁夏回族自治区扶贫办公室(2012 年)。

2 研究数据与方法

2.1 指标构建与数据来源

PSR 模型由经济合作与发展组织与联合国环境规划署于 20 世纪 80 年代末共同提出,以人类与自然系统的相互制约和依存关系为出发点组织指标体系,系统性强^[23-24]。利用 PSR 模型构建的指标体系具体由“压力—状态—响应”三个部分组成。压力(P)反映了人类的生产、生活行为对自然、经济、社会系统造成的压力,状态(S)反映自然、经济、社会系统的现状,响应(R)从经济发展、环境、以及政策等方面反映了人类采取的应对各种压力的措施。遵循指标选取的独立性、科学性和实用性、以及数据的可得性^[25]等原则,以 P—S—R 模型为基础,借鉴生态安全领域相关学者的研究成果,文章构建了由目标层、准则层、指标层组成的合计 19 项指标(表 2)。目标层表示生态安全综合指数;准则层包括压力层、状态层和响应层;指标层则是表征相应准则层状态的具体指标。由于文章的研

究对象既是国家级贫困地区,同时也是回族聚居区,所以本研究在指标体系中增加了回族人口比例、人均粮食产量、农村恩格尔系数等指标。

指标体系所涉及的数据中,回族人口比例(C_6)、森林覆盖率(C_8)、农村恩格尔系数(C_{10})、造林面积(C_{15})等指标从各县、区统计局提供的经济要情手册(2001—2011 年)中获得;其余指标均可在《宁夏统计年鉴》(2002—2012 年)中的相应部分获取。此外,人口密度(C_5)、第三产业占 GDP 的比重(C_{14})、工业固体废物综合利用率(C_{16})以及 C_{17} , C_{18} 和 C_{19} 等指标属于生成指标,需要在统计年鉴提供的数据基础上进行计算得到,由于计算公式简单,文中不再列出。

2.2 数据处理与结果

信息熵属于信息论的范畴,是信息无序程度的度量,根据指标数据的变异程度确定指标的权重,在综合评价中具有较高的可信度^[26]。数据的变异程度越大,信息熵越小,该指标提供的信息量越大,权重越大;反之,变异程度越小,信息熵越大,权重越小^[27-28]。

表 2 生态安全指标体系

目标层	准则层	指标层	指标属性
A 生 态 安 全 指 数	B ₁ 压力层	C ₁ 化肥使用量/t	-
		C ₂ 工业固体废弃物排放量/t	-
		C ₃ 万元工业产值煤炭消费量/t	-
		C ₄ 人口自然增长率/‰	-
		C ₅ 人口密度/%	-
		C ₆ 回族人口比例/%	-
	B ₂ 状态层	C ₇ 年降水量/mm	+
		C ₈ 森林覆盖率	+
		C ₉ 人均耕地面积/km ²	+
		C ₁₀ 农村恩格尔系数/%	-
		C ₁₁ 农民人均纯收入/元	+
		C ₁₂ 人均粮食产量	+
	B ₃ 响应层	C ₁₃ 人均 GDP/元	+
		C ₁₄ 第三产业产值占 GDP 的比重/%	+
		C ₁₅ 造林面积(m ³ /人)	+
		C ₁₆ 工业固体废物综合利用率	+
		C ₁₇ 卫生、社会保障和社会福利业投资占固定资产投资总额的比重/%	+
		C ₁₈ 水利、环保投资占固定投资总额的比重/%	+
		C ₁₉ 教育投资占固定资产投资总额的比重/%	+

注：“+”代表正向指标，“-”代表负向指标。

2.2.1 构造矩阵与数据标准化

- (1) 构造原始数据矩阵, m 行 n 列的矩阵。
- (2) 数据标准化。

正向指标: $X_{ij} = (x_{ij} - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad X_{ij} \in (0, 1)$

负向指标: $X_{ij} = (x_{\max} - x_{ij}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad X_{ij} \in (0, 1)$

式中: X_{ij} —— 标准化以后的数据; x_{ij} —— 原始数据;

x_{\max}, x_{\min} —— x_{ij} 所在序列的最大值和最小值。

数据的标准化值 Y_{ij} : $Y_{ij} = X_{ij} / \sum_{i=1}^m X_{ij}$

2.2.2 计算第 j 项指标的信息熵值(e_j)和差异性系数(g_j)

$$e_j = -1 / \ln m (\sum_{i=1}^m Y_{ij} \ln Y_{ij}), \quad g_j = 1 - e_j$$

2.2.3 计算第 j 项指标的权重 a_j a_j 的具体计算结果详见表 3, 计算公式为: $a_j = g_j / \sum_{j=1}^n g_j$

2.2.4 计算综合值 Π_{ij} 结果见表 4, 计算公式为:

$$\Pi_{ij} = \sum_{j=1}^n a_j X_{ij}$$

表 3 研究区 2001—2011 年指标权重 a_j

指标	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
C ₁	0.074 1	0.040 8	0.031 6	0.029 7	0.060 8	0.031 0	0.027 2	0.025 9	0.042 4	0.033 1	0.027 6
C ₂	0.025 5	0.024 5	0.025 9	0.057 7	0.053 2	0.030 1	0.059 9	0.025 9	0.040 5	0.026 9	0.041 4
C ₃	0.057 1	0.053 1	0.059 0	0.060 9	0.058 5	0.026 4	0.041 7	0.038 4	0.031 9	0.030 8	0.025 4
C ₄	0.063 6	0.062 9	0.069 3	0.062 8	0.070 7	0.052 0	0.063 5	0.054 4	0.071 7	0.050 3	0.055 3
C ₅	0.039 0	0.038 4	0.049 2	0.053 8	0.054 5	0.061 3	0.041 5	0.033 3	0.038 6	0.046 7	0.042 6
C ₆	0.054 1	0.054 8	0.056 4	0.057 1	0.056 2	0.059 0	0.050 3	0.034 8	0.060 6	0.059 7	0.052 0
C ₇	0.066 0	0.045 1	0.041 4	0.055 3	0.057 0	0.059 4	0.068 8	0.031 9	0.044 9	0.038 0	0.053 3
C ₈	0.039 6	0.039 5	0.048 1	0.048 2	0.045 1	0.048 4	0.040 3	0.048 0	0.046 1	0.045 1	0.037 8
C ₉	0.059 0	0.058 9	0.050 7	0.055 5	0.051 1	0.045 0	0.040 2	0.044 4	0.050 2	0.055 3	0.050 9
C ₁₀	0.044 2	0.046 1	0.066 4	0.051 2	0.044 6	0.075 4	0.055 9	0.062 2	0.072 9	0.098 5	0.053 5
C ₁₁	0.035 8	0.049 7	0.053 0	0.053 4	0.038 0	0.031 8	0.026 5	0.117 5	0.037 1	0.045 5	0.030 8
C ₁₂	0.034 1	0.054 5	0.068 9	0.055 3	0.038 6	0.052 6	0.072 2	0.042 3	0.074 4	0.057 7	0.053 0
C ₁₃	0.051 8	0.041 9	0.055 6	0.063 8	0.087 6	0.066 7	0.044 3	0.046 8	0.076 3	0.061 7	0.057 0
C ₁₄	0.054 1	0.058 5	0.053 6	0.034 6	0.035 3	0.053 7	0.057 1	0.061 9	0.036 0	0.062 2	0.036 8
C ₁₅	0.044 5	0.048 3	0.083 4	0.070 3	0.061 1	0.051 7	0.141 2	0.065 3	0.076 5	0.046 5	0.057 2
C ₁₆	0.032 1	0.045 0	0.026 4	0.031 3	0.032 1	0.025 9	0.026 9	0.023 2	0.025 0	0.041 0	0.024 0
C ₁₇	0.090 0	0.110 9	0.075 3	0.045 4	0.090 5	0.120 2	0.0421	0.078 6	0.047 2	0.053 9	0.165 5
C ₁₈	0.061 6	0.053 7	0.034 9	0.035 7	0.031 4	0.061 6	0.060 5	0.041 8	0.060 7	0.107 3	0.044 3
C ₁₉	0.073 7	0.073 4	0.051 0	0.077 9	0.033 8	0.047 7	0.040 0	0.123 2	0.067 1	0.039 7	0.091 6

表 4 研究区 2001—2011 年生态安全指数 II_{ij}

年份	原州区	西吉县	隆德县	泾源县	彭阳县	同心县	海原县
2001	0.433 5	0.409 4	0.556 7	0.456 6	0.564 3	0.537 4	0.430 3
2002	0.454 2	0.430 5	0.525 0	0.469 5	0.549 7	0.514 8	0.419 2
2003	0.466 1	0.406 8	0.493 0	0.402 8	0.584 6	0.549 0	0.426 6
2004	0.426 7	0.413 5	0.503 7	0.358 1	0.575 4	0.528 2	0.427 0
2005	0.454 2	0.416 7	0.495 3	0.414 1	0.527 4	0.490 8	0.385 3
2006	0.466 3	0.407 0	0.465 7	0.459 8	0.480 2	0.471 9	0.374 2
2007	0.401 5	0.397 6	0.424 8	0.414 8	0.461 3	0.473 4	0.361 1
2008	0.388 4	0.407 9	0.485 7	0.435 8	0.434 2	0.464 0	0.370 3
2009	0.427 2	0.396 1	0.448 0	0.425 1	0.479 8	0.492 2	0.366 5
2010	0.489 0	0.386 5	0.436 1	0.482 0	0.594 4	0.453 1	0.371 5
2011	0.528 2	0.406 0	0.488 6	0.508 1	0.619 4	0.420 0	0.401 2

3 结果与分析

3.1 生态安全指数的时间尺度分析

图 1 显示,2001—2011 年研究区域整体的生态安全指数表现出缓慢下降至最低点之后又缓慢上升的 U 形趋势,具体可分为 3 个阶段:第一阶段为 2001—2006 年,整体生态安全指数表现出缓慢下降的特征。结合表 4 可知,此阶段的下降主要是隆德县、彭阳县、同心县、海原县和西吉县生态安全指数的下降引起的,其各自的下降幅度分别为 0.091 0,0.084 1,0.065 5,0.056 1,0.002 4。与这 4 县生态安全状况开始恶化相反,原州区和泾源县的生态安全指数则不断上升,分别增长了 0.032 8 和 0.003 2。第二阶段为 2007—2008 年,整体生态安全指数达到了研究期间的最低点。与第一阶段相比,原州区、泾源县、彭阳县、同心县和海原县均出现不同程度的下降,具体下降幅度为 0.107 9,0.024 0,0.046 0,0.007 9,0.003 9。西吉和隆德县则表现出微弱的上升趋势,较第二阶段分别增长了 0.000 9 和 0.020 0。第 3 阶段为 2009—2011 年,与阶段一不断下降的趋势相反,该时期整体生态安全指数呈上升趋势。从表 3 可以看出,原州区、隆德县、泾源县、彭阳县和海原县的生态安全指数都在上升,较第二阶段分别增长了 0.169 8,0.002 9,0.072 3,0.185 2 和 0.030 9。与此同时,西吉和同心县的生态安全指数分别下降了 0.001 9 和 0.04 4。虽然这两个县出现了下降的现象,但是另外五县均在上升,且幅度较大,因而研究区整体的生态安全指数开始逐渐上升。

整体上看,2001—2011 年研究区的生态安全状况呈现出不断恶化之后又逐渐好转的特征。主要是由于前期研究区域贫困问题较为突出,本地的就业机会少,但是人口持续增长并且劳动力素质偏低,到城

市诸如银川、石嘴山市的生活成本高,竞争力弱,大多数人来到这些地区从事一些体力劳动,工资低而且自我认同感差。面对走出去的各种压力和风险,生活在这些县、区的居民选择忍受贫穷、留在家乡,多以种地或者畜牧为生,无疑加剧了当地的人地矛盾,生态安全状况不断恶化。随着当地政府以及相关部门的一系列举措,例如在人地矛盾突出的地区进行大规模生态移民、组织农民的致富技能培训、大面积植树造林等,减缓了人地关系紧张的局面,促进了经济、社会和环境的协调,生态安全状况也随之逐渐好转。

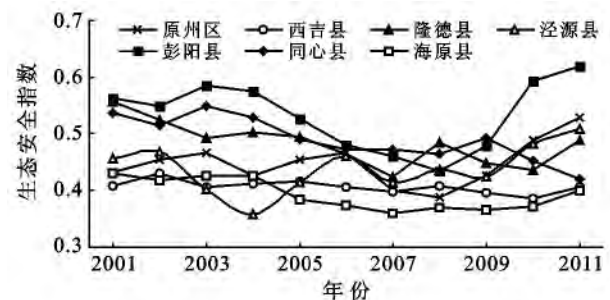


图 1 研究区生态安全指数时间演变趋势

3.2 生态安全指数的空间尺度分析

结合上述分析,从 3 个阶段中分别取一年,即 2001,2007 和 2011 年(附图 6)作为样本数据,具体分析研究区域生态安全指数的空间分布特征。附图 6 显示,研究区内中部地区的生态安全指数要低于南部和北部(原州区和同心县除外)。结合表 4 可知,2001 年的生态安全指数大小依次为:彭阳县(0.564 3) > 隆德县(0.556 7) > 同心县(0.537 4) > 泾源县(0.456 6) > 海原县(0.430 3) > 西吉县(0.409 4);2007 年的生态安全指数大小依次为:同心县(0.473 4) > 彭阳县(0.461 3) > 隆德县(0.424 8) > 泾源县(0.414 8) > 西吉县(0.397 6) > 海原县(0.361 1);2011 年的生态安全指数大小依次为:彭阳县(0.619 4) > 泾源县

(0.508 1) > 隆德县(0.488 6) > 同心县(0.420 0) > 西吉县(0.406 0) > 海原县(0.401 2)。可以看出,西吉县和海原县(二者均位于中部)的生态安全指数一直处于偏低的位置。此外,原州区虽位于研究区中部,但其生态安全指数不断上升,并在2011年(0.528 2)仅次于彭阳县;同心县的生态安全指数表现出下降趋势,但仍高于西吉县和海原县。

整体上看,研究区按生态安全指数可以划分为4类:第一类地区包括彭阳、隆德和泾源县,这些地区表现为生态安全指数较高且十分稳定。自从被确定为宁夏退耕还林(草)试点县后,彭阳县有次序地开展一系列退耕还林(草)示范工程,先后被评为组织实施退耕还林(草)全国生态建设重点县、全国水土保持生态建设示范县^[29],经济、社会和环境效益显著,此外该县还积极开展教育、医疗等事业,改善农民的生产生活水平,生态安全状态较好。第二类地区包括西吉和海原县,这些地区表现为生态安全指数一直较低。西吉县地区喀斯特地貌显著,生态脆弱,而且根据2011年自治区扶贫办的资料显示该县的贫困发生率达到41.6%,为研究区7个县(区)之首,贫困问题与脆弱的生态环境陷入恶性循环,威胁着当地的生态安全。第三类包括原州区,该区表现为生态安全状况逐渐好转,生态安全指数在2011年超过了隆德县,仅低于彭阳县。第4类包括同心县,该区表现为生态安全指数呈出下降的趋势,但仍高于西吉和海原县,当地政府和相关部门需要采取措施扭转其下滑趋势。

4 结论

(1) 从时间尺度上看,2001—2011年研究区域整体的生态安全指数表现出缓慢下降至最低点之后又缓慢上升的U形趋势,表明研究区生态安全状况经历了不断恶化之后又逐渐改善的局面。从空间尺度上看,彭阳、隆德和泾源县的生态安全状态优于其它地区且保持稳定;西吉和海原县的生态安全指数一直处于偏低的位置,生态安全状态不容乐观;原州区的生态安全状态逐渐好转,2011年的生态安全指数增加至0.528 2,仅次于彭阳县(0.619 4);同心县生态安全指数不断下降,但仍高于西吉县和海原县。

(2) 生态型反贫困对策。原州区、西吉县、隆德县等7县(区)是国家级贫困县,依据生态贫困的内涵来看^[30],脆弱的生态环境是造成当地贫困的重要原因,本质上属于生态型贫困。分析发现,西吉和海原县的生态安全态势不容乐观,尤其是同心县还有恶化的倾向,有必要引起人们的重视。生态型反贫困主要通过生态重建和发展生态经济两方面来实现^[31-32]。

对于宁夏地区而言,尤其是西吉和海原县,生态重建工作在继续推行植树造林、退耕还林(草)工程的同时,还需重视农户的后续生计问题,如果长期没有合适的收入来源,这些以前以耕地为生的家庭可能还会选择继续之前的生产方式,使得生态重建工作收效甚微。此外,生态移民确实能减缓人口对迁出地的环境压力,但是最好确保妥善安置,否则可能会引起迁入地诸如盗窃、污染环境等问题。生态经济是一种低碳、可循环的经济,研究区应逐步转向有机农业、设施农业的发展方向;利用独特的回族文化(西吉县)、山区的饮食、生活习俗(隆德县)和红色文化为发展旅游业;利用气候优势(同心县)扩大枸杞的种植和销售渠道,以期实现脱贫和环境治理的双赢。

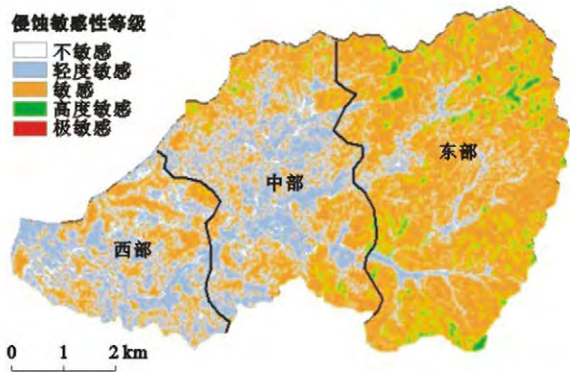
[参 考 文 献]

- [1] 卢艳丽,丁四保. 吉林省西部生态脆弱地区贫困问题研究[J]. 中国发展, 2011, 11(5): 77-82.
- [2] 李惠梅,张安录. 生态环境保护与福祉[J]. 生态学报, 2013, 33(3): 825-833.
- [3] 杨青生,乔纪纲,艾彬. 快速城市化地区景观生态安全时空演化过程分析[J]. 生态学报, 2013, 33(4): 1230-1239.
- [4] 时卉,杨兆萍,韩芳. 新疆天池景区生态安全度时空分异特征与驱动机制[J]. 地理科学进展, 2013, 32(3): 475-485.
- [5] 郝佳,龚新蜀. 基于P-S-R模型的新疆生态安全的测度与评价[J]. 生态经济, 2012(1), 340-343.
- [6] 黄宝强,刘青,胡振鹏,等. 生态安全评价研究述评[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(2): 150-156.
- [7] Xu Linyu, Yang Zhifeng. Evaluation and regulation of ecological security when implementing urban planning: Review and suggestions for spatial planning and sustainable development in China[M] // Spatial Planning and Sustainable Development. Springer Netherlands, 2013: 305-321.
- [8] Su Shiliang, Li Dan, Yu Xiang, et al. Assessing land ecological security in Shanghai(China) based on catastrophe theory[J]. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2011, 25(6): 737-746.
- [9] Liu Xuling, Yang Zhaoping, Di Feng, et al. Evaluation on tourism ecological security in nature heritage sites: Case of Kanas nature reserve of Xinjiang, China[J]. Chinese Geographical Science, 2009, 19(3): 265-273.
- [10] Wang Geng, Wu Wei. Spatial distribution of ecological security status assessment of West-Liaohe River based on geographic information system[J]. Frontiers of Environmental Science & Engineering in China, 2007, 1(4): 471-476.
- [11] 赵志刚,王凯荣,谢小立. 江西省农业可持续发展的生态安全评价[J]. 生态与农村环境学报, 2012, 28(3):

- 225-230.
- [12] 邱微,赵庆良,李崧,等.基于“压力—状态—响应”模型的黑龙省生态安全评价研究[J].环境科学,2008,29(4):1148-1152.
- [13] 杨春红,张正栋,田楠楠.基于P—S—R模型的汕头市土地生态安全评价[J].水土保持研究,2012,19(3):209-214.
- [14] 李璇琼,何政伟,陈晓杰.RS和GIS支持下的县域生态安全评价[J].测绘科学,2013,38(1):68-71.
- [15] 杨尽利,周忠发,邱添.典型喀斯特地区生态安全评价及防治措施探讨:以贵州省石阡县为例[J].中国农学通报,2012,28(11):227-231.
- [16] 刘世梁,郭旭东,连纲,等.黄土高原典型脆弱区生态安全多尺度评价[J].应用生态学报,2007,18(7):1554-1559.
- [17] 杨庆媛.西南丘陵山地区土地整理与区域生态安全研究[J].地理研究,2003,22(6):698-708.
- [18] 龚丽妍,王耕.基于灰关联的大连庄河市生态安全评价研究[J].环境科学与管理,2011,36(2):153-157.
- [19] 张松男,雷国平,李秀霞.基于P—S—R模型的城市生态安全模糊物元评价[J].水土保持研究,2013,20(2):170-175.
- [20] 张强,薛惠锋,张明军.基于可拓分析的区域生态安全预警模型及应用[J].生态学报,2010,30(16):4277-4286.
- [21] 李明月,赖笑娟.基于BP神经网络方法的城市土地生态安全评价[J].经济地理,2011,31(2):289-293.
- [22] 殷春雪,李锋,钱谊.基于熵权的长沙市城市生态安全综合评价与预测[J].环境科学与技术,2013,36(1):169-174.
- [23] Huang Huifen, Jeff K, Lo Shanglien. Review of PSR framework and development of a DPSIR model to assess greenhouse effect in Taiwan [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2011, 177(4):623-635.
- [24] 彭建,吴健生,潘雅婧,等.基于PSR模型的区域生态可持续性评价概念框架[J].地理科学进展,2012,31(7):933-940.
- [25] 郑泽娜,周伟.基于主成分的河北省地级市城市生态安全预警评价[J].中国农学通报,2013,29(14):118-123.
- [26] 杨锡涛,周学红,张伟.基于熵值法的我国野生动物资源可持续发展研究[J].生态学报,2012,32(22):7230-7238.
- [27] 赵丽,朱永明,付梅臣,等.主成分分析法和熵值法在农村居民点集约利用评价中的比较[J].农业工程学报,2012,28(7):235-242.
- [28] 郭锐利,郑钦玉,刘娟,等.基于熵值法和GM(1,1)模型的重庆城市生态系统健康评价[J].中国环境科学,2012,32(6):1148-1152.
- [29] 石云,焦超卫,米文宝,等.基于GIS的彭阳县退耕还林(草)决策分析[J].中国水土保持,2009(9):26-28.
- [30] Huang Beibei. Ecological poverty measurement and eco-purchase system design [N]. People's Daily Online, 20110802(2).
- [31] 刘艳梅.西部地区生态贫困与生态型反贫困战略[J].哈尔滨工业大学学报,2005,7(6):97-101.
- [32] 于存海.论内蒙古农牧区生态安全、生态贫困与生态型反贫困特区建设[J].内蒙古财经学院学报,2006(5):26-30.

(上接第 156 页)

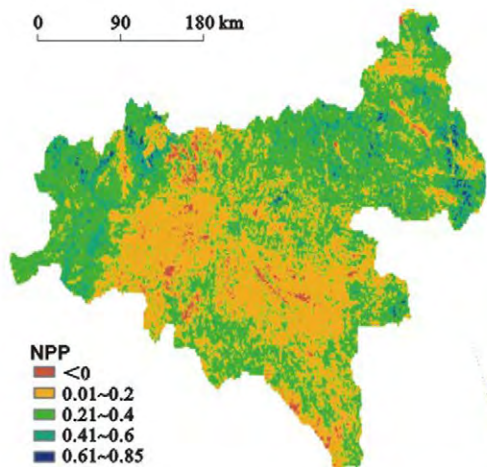
- [12] Miguel E D, Iribarren I, Chacon E, et al. Risk-based evaluation of the exposure of children to trace elements in playgrounds in Madrid (Spain) [J]. Chemosphere, 2007, 66(3):505-513.
- [13] USEPA(US Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS)[OL]. (2012-03-03)[2013-04-05]. <http://www.epa.gov/iris/>.
- [14] WHO(World Health Organization). Guidelines for drinking-water quality, fourth edition[OL]. (2012-08-09)[2013-04-05]. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/zh/index.html.
- [15] Li Siyue, Zhang Quanfa. Risk assessment and seasonal variations of dissolved trace elements and heavy metals in the Upper Han River, China [J]. Journal of Hazardous Materials, 2010, 18(1/3):1051-1058.
- [16] Wang Zhifeng, Guo Zhongxing. Preliminary Risk Assessment of Metal Pollution in Source Water of Huaihe River [M]// Measuring Technology and Mechatronics Automation in Electrical Engineering. Springer US, 2012: 385-392.
- [17] 王若师,许秋瑾,张娴,等.东江流域典型乡镇饮用水源地重金属污染健康风险评估[J].环境科学,2012,33(9):3083-3088.
- [18] Wu Bing, Zhao Dayong, Jia Haiying, et al. Preliminary risk assessment of trace metal pollution in surface water from Yangtze River in Nanjing Section, China [J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2009, 82(4):405-409.



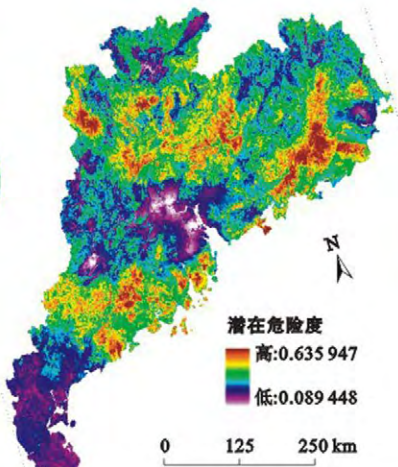
附图1 朱溪小流域土壤侵蚀敏感性综合评价



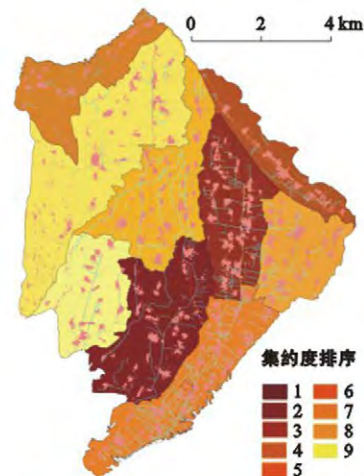
附图2 朱溪小流域土壤侵蚀现状



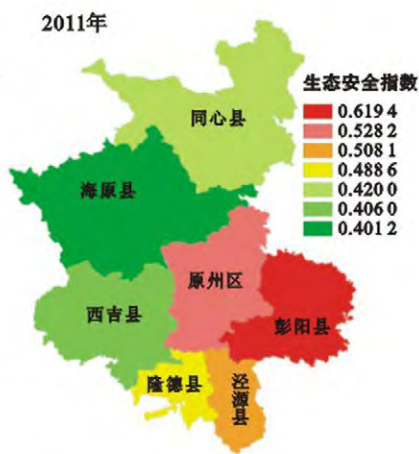
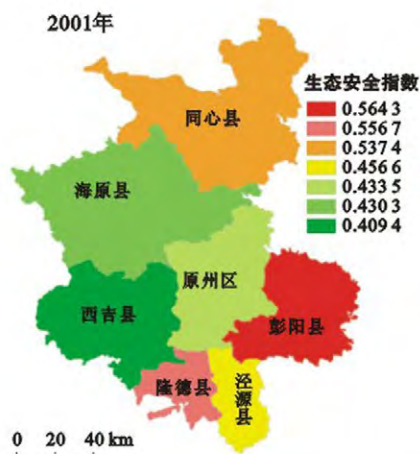
附图3 陕南地区植被净第一性生产力(NPP)变化趋势



附图4 广东省水土流失潜在危险度分布



附图5 甘肃省临夏县北塬地区农村建设用地集约度评价结果



附图6 宁夏六盘山连片特困区2001, 2007和2011年生态安全指数的空间分布