

# 黔中喀斯特地区的景观变化及其生态效应

李阳兵<sup>1</sup>, 谭秋<sup>2</sup>, 白晓永<sup>1</sup>, 王世杰<sup>2</sup>

(1. 贵州师范大学地理与生物科学学院, 550001;

2. 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 550002: 贵阳)

**摘要** 为了解喀斯特地区景观变化过程及相应的生态效应, 利用遥感影像数据对黔中地区 1995—2000 年的景观格局与动态进行分析。结果显示: 研究区以灌木林地、坡耕地、中覆盖度荒草地占据着景观中的优势地位。旱地、林地和荒草地的转换关系复杂, 退耕还林还草与毁林毁草开荒同时并存, 植被恢复与退化并存, 整体景观尚处于一种波动状态, 区域土地利用生态价值并未有明显提高, 而呈下降趋势。研究区景观格局特征是岩性、地貌和人为活动共同作用的结果, 景观斑块的转化主要受人文因素的影响, 耕地的变化主要是被建设用地占用。在 1995—2000 年的土地利用变化中, 研究区的生态既有恢复, 又存在继续恶化的趋势。

**关键词** 景观格局; 生态效应; 中山丘原区; 喀斯特地貌

## Landscape pattern variation and its ecological effects of karst area

Li Yangbing<sup>1</sup>, Tan Qiu<sup>2</sup>, Bai Xiaoyong<sup>1</sup>, Wang Shijie<sup>2</sup>

(1. College of Geography and Biology Science, Guizhou Normal University, 550001;

2. National Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Geochemistry Institute of CAS, 550002: Guiyang, China)

**Abstract** Based on 1995a and 2000a TM images, the landscape pattern and its dynamic variation from 1995 to 2000 on the plateau-hilly region in middle of Guizhou were analyzed in order to understand the change processes of landscapes and corresponding ecological effects. The results indicate that shrub land, sloping farmland and mid-coverage barren grassland hold a dominant status. The transform relation among dry farmland, forest land and barren grassland is complicated also. "Removal lands from cultivation for afforestation and grassplanting" and "damage forest and grass lands and reclamation", and vegetation restoration and degradation all exist at the same time. The whole landscapes have been in a fluctuating state still. The relative ecological value of different land use types have been fallen from 1995 to 2000 in studied area. The characteristics of landscape pattern are the result influenced by lithology, physiognomy and artificial activities together, and controlled by human activities mainly, for example, the variation of cultivated land are due to the conversion into construct land in this area. The change processes of land use patterns may behave as ecological restoration and degradation in studied area from 1995 to 2000.

**Key words** landscape pattern; ecological effects; the plateau-hilly region; karst

土地利用/土地覆被变化不仅改变了自然景观面貌, 而且影响景观中的物质循环和能量分配, 它对区域气候、土壤、水量和水质的影响是极其深刻的<sup>[1]</sup>。Costanza 等人测算了全球 16 个不同土地利

用/土地覆被类型对应生态系统的服务功能的经济价值<sup>[2]</sup>, 可以依据这些价值之间的比例关系对区域土地利用类型的生态质量赋值, 综合客观评价土地利用/土地覆盖变化的生态效应。研究区地处贵州

收稿日期: 2005-11-24 修回日期: 2006-01-21

项目名称: 黔教科办(2004)07; 国家自然科学基金(40361004)

第一作者简介: 李阳兵(1968—), 男, 教授。主要研究方向: 土地资源与生态环境治理。E-mail: li\_yapin@sohu.com

高原的东部斜坡地带,土地类型与生态类型复杂多样<sup>[3]</sup>,而有关该区域内景观格局的定量研究,还未见报道。本文通过比较不同时间的景观类型变化,以期阐明景观整体特征和各个组分在整个景观中地位和作用的差异,进而揭示景观格局变化的机制和生态效应。

## 1 研究区概况

研究区位于贵州中部贵州高原的第2个梯级面上,行政区上包括贵阳市、遵义地区南部几个县及安顺地区的大部分县<sup>[4]</sup>,总面积3.73万km<sup>2</sup>,占全省总面积的21.18%,其中喀斯特面积3.02万km<sup>2</sup>。本区地势比较平缓,丘陵和盆地相间分布,形成本区分布极广的丘原地貌类型,低山所占比例较小。本区岩石以碳酸盐岩为主,喀斯特地区地貌类型以中山占优势,占区内岩溶地区总面积的55.9%。其中:峰丛洼地区占到31.29%,比例较大;丘陵占到区内喀斯特地区总面积的40.36%;盆地虽然只占喀斯特地区总面积的1.14%,但相对于省内为数不多的盆地而言,是区内非常重要的地貌类型之一。

本区是贵州的政治、经济、文化中心,也是贵州农田大范围集中分布的地区。人类活动以农业生产为主,形成自然景观与农业景观共存类型。农业人口密度在100~150人/km<sup>2</sup>左右,大部分地区25°以上坡耕地占耕地的比重在20%左右。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源

以1995年和2000年的2期TM(ETM)影像为基础,采用7、4、3和4、3、2波段假彩色合成影像为基本数据源,辅以各县市1:50 000地形图及相关的数字资料、1:250 000矢量地形库、1:250 000 DEM(数字高程模型),以及气象、土壤、植被、水土流失等专题图和外业调查资料,弥补遥感影像中存在的“同物异谱”和“同谱异物”等问题以提高分类精度。通过计算机遥感图像自动分类,再结合地形图等以及实地考察资料进行目视判别修改,编制2期同一比例尺的土地利用景观类型现状图。野外工作随机选取68个采样点,正确解译61个,得出遥感解译的判断精度和地类界线勾绘的准确程度约90%。共划分17种基本景观类型:水田(11),指有水源保证和灌溉设施,在一般年景能正常灌溉,用于种植水生作物的耕地,包括灌溉的水旱轮作地;旱地(12)指无灌溉水源及设施,靠天然降水生长作物的耕地,本工作划

分的旱地包括了水浇地,菜地以及正常轮作的休闲地和轮歇地;有林地(21),郁闭度>30%的天然林和人工林;灌木林地(22),郁闭度>40%,高度在2m以下的矮林地和灌丛林地;疏林地(23),郁闭度为10%~30%的林地;园地(24),各类园地(包括果园、桑园、茶园等);草地(31),覆盖度>50%的天然草地和改良草地;河渠(41);湖泊(42);水库、坑塘(43);滩地(44);城镇用地(51);农村居民用地(52);工矿和交通用地(53);中覆盖度荒草地(61),覆盖度在20%~50%的天然草地和改良草地;低覆盖度荒草地(62),覆盖度在5%~20%的天然草地;裸岩石砾地(64),地表为岩石或石砾,其覆盖面积>50%的土地。

### 2.2 GIS支持下的图形叠加与景观格局指数计算

应用GIS软件ARC/INFO生成矢量数据文件,建立地理信息库,利用ERDAS7.0完成数据文件转换。选取分维数、景观优势度、多样性指数及蔓延度等景观空间格局特征指标,利用APACK2.22实现景观空间格局特征参数的计算和分析,所有的景观格局分析均在整个景观与斑块类型两种尺度上进行。同时,在GIS的支持下,进行图形叠加生成动态图,提取动态信息,定量地反映2个年代间土地利用景观类型空间分布的演变规律及趋势。

多样性指数

$$H = - \sum_{i=1}^m (P_i \log_2 P_i)$$

最大多样性指数

$$H_{\max} = - m \left[ \frac{1}{m} \log_2 \left( \frac{1}{m} \right) \right] = \log_2 \left( \frac{1}{m} \right),$$

$$\text{即 } H_{\max} = \log_2 m$$

式中: $H$ 为景观多样性指数,bit; $m$ 为要素的种类; $P_i$ 为要素 $i$ 的景观比例。该指数( $H$ )同时表达了景观中嵌块体的多度(或丰富度)和异质性。

景观均匀性指数  $E = H/H_{\max}$

景观的优势度指数  $D = H_{\max} + \sum_{i=1}^m (P_i \log_2 P_i)$

由于 $P_i < 1$ , $\log_2 P_i$ 为负值,故该式的后一和数项亦为负值,当此和数项增至最大值时, $D$ 值即为0。

分形维数  $D = 2B$

式中: $B$ 是指各类景观嵌块体的总周长与各类景观嵌块体的总面积的双对数回归系数。

蔓延度  $C = 1 + \frac{1}{2 \ln(n)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij})$

式中： $n$  为斑块类型数； $P_{ij}$  是  $i$  斑块类型邻近  $j$  斑块类型的概率。

土地利用优先选择指数<sup>[5]</sup>

$$LUPI = (\Delta LC_i) / (\text{mean} \Delta LC)$$

式中： $\Delta LC_i$  为时段 1 到时段 2 之间某一景观斑块类型 I 转化为另一景观斑块类型 X 的面积或面积百分率； $\text{mean} \Delta LC$  为时段 1 到时段 2 之间所有景观斑块类型转变为景观斑块类型 X 的面积或面积百分率。该指数的取值范围为  $0 \sim \infty$ ，它没有明确的生态意义，但该指数的现实意义在于可以定量揭示不同景观斑块之间变化方向的有限次序，既可以作为景观转移概率矩阵的必要补充，又有助于在景观动态分析中抓住主要矛盾。由于不同地区的自然、社会、经济、土地利用历史等的不同，因此，其不能够在不同区域进行比较，但在同一区域的不同时段内可以比较。如果当地居民优先清理或放弃某一土地利用类型时，LUPI 此时将大于 1，否则该值将小于 1。

### 3 结果与分析

#### 3.1 主要景观要素的动态特征

研究区不同时期各景观要素的总面积和面积比例均显示出灌木林地、坡耕地、中覆盖度荒草地占据着景观中的优势地位，景观的整体特征表现为景观破碎化与景观结构粗粒化并存，景观分异对比明显，景观整体退化明显。1995—2000 年，旱地增加 2 万 6 927.74  $\text{hm}^2$ ，有林地增加 1 万 4 955.08  $\text{hm}^2$ ，灌木林地、中覆盖度荒草地分别下降了 3 万 3 445.9、9 594.69  $\text{hm}^2$ （表 1），但这表示生态环境并未有所好转。因为在这 5 年中，低覆盖度荒草地、中覆盖度荒草地、灌木林地的斑块数尽管有所减少，但平均斑块面积却有所增加；在 5 年中，旱地的斑块数增加了 848 块，平均斑块面积减少，所占面积百分比提高了 0.7%，反映出旱地有所扩展。

表 1 研究区 1995—2000 年不同斑块类型特征

Tab. 1 Characteristics of different landscape types from 1995 to 2000 in studied area

景观要素	景观嵌块数	嵌块平均大小	嵌块平均周长	类型面积	比重	变化量
		$\text{hm}^2$	km	$\text{hm}^2$	%	$\text{hm}^2$
水田	4 889/4 994	86.80/85.35	7.99/8.12	424 345.28/426 256.99	1.38/11.43	-1 911.71
旱地	14 090/13 242	55.12/56.62	5.40/5.46	776 670.07/749 742.33	20.82/20.10	26 927.74
有林地	2 947/2 979	160.66/153.91	7.82/7.82	473 459.03/458 503.95	12.69/12.29	14 955.08
灌木林地	4 055/4 655	251.56/226.32	12.39/12.56	1 020 081.02/105 352.92	27.35/28.24	-33 445.9
林地	2 026/2 218	157.14/143.48	9.20/9.22	318 356.18/318 249.29	8.53/8.53	106.89
园地	149/116	94.29/111.50	5.76/6.32	14 049.72/12 933.48	0.38/0.35	1 116.24
草地	245/180	178.58/224.03	8.29/9.79	43 752.18/40 325.91	1.17/1.08	3 426.27
中覆盖度荒草地	3 076/3 250	178.39/171.79	10.78/11.00	548 729.39/558 324.08	14.71/14.97	-9 594.69
低覆盖度荒草地	562/594	99.58/98.27	7.96/8.18	55 965.58/58 371.29	1.50/1.56	-2 405.71
裸岩石砾地	40/42	23.49/23.12	2.54/2.56	939.51/971.02	0.03/0.03	-31.51
水域	375/352	54.14/55.55	4.99/5.14	20 305.07/19 555.58	0.54/0.52	749.49
建设用地	998/830	33.70/40.39	3.33/3.59	33 630.66/33 522.86	0.90/0.90	107.80

注：每列数据前为 2000 年，后为 1995 年。

所有斑块分布在 17 个景观要素类型中。旱地斑块数占总数的 39.58% ~ 42.12%，面积占总面积的 20.10% ~ 20.82%；中覆盖度草地和低覆盖度草地斑块数占总数 11.49% ~ 10.87%，面积占总数的 16.53% ~ 16.21%；灌木林地、有林地、疏林地斑块数占总数的 29.45% ~ 26.99%，面积占总数的 49.06% ~ 48.87%；反映出各景观类型的破碎度、聚集度与分离度存在明显的差异。1995—2000 年，多样性指数从 1.565 增加到 1.612，优势度降低，具体

表现为各景观要素所占比例的差异有所缩小，景观均匀度增加，蔓延度增加，同时表现斑块形状变化的分维数指标均有下降，反映出斑块形状的不规则程度降低（表 2）。

#### 3.2 景观单元类型的转换

黔中丘原盆地区水田与灌木林地之间、水田与中覆盖度荒草地之间为双向优势转移类型；旱地与有林地、旱地与灌木林地之间为单向优势转移类型，以后者向前者转移为主；旱地与中覆盖度荒草地之

间为单向优势转移类型以后者向旱地的转移为主；有林地与灌木林地之间为双向优势转移类型，以后者向前者的转移略高；灌木林地与中覆盖度荒草地之间为双向优势转移类型。整个景观要素转移中以灌木立地向有林地和旱地之间发生转移的面积和斑块数最大，灌木林地转移为有林地的面积为 1 万 6 135.66 hm<sup>2</sup>，灌木林地转移为旱地的面积 1 万

3 829.17 hm<sup>2</sup> (表 3)。也有部分建设用地转为其他类型用地，实地调查表明，主要发生于农村居民点，一方面是个别地区环境恶化农户不得不移民，更多的是政府加强了岩溶山区居民聚居点建设，改变原来分散的聚落生态模式，使部分居民点抛荒、撂荒或被开垦为耕地。

表 2 研究区景观尺度上的指数比较

Tab.2 Indexes comparison on landscape in studied area

年份	景观嵌块数	嵌块平均面积/hm <sup>2</sup>	多样性	优势度	均匀度	蔓延度指数	分形维数
1995	34 437	108.32	1.565	1.208	0.564	2.577	1.487
2000	35 861	104.02	1.612	1.161	0.581	2.751	1.386

表 3 黔中区 1995—2000 年主要景观要素转换矩阵

Tab.3 Transform matrix of main landscape components from 1995 to 2000 in studied area

1995	2000									
	水田	旱地	有林地	灌木林地	疏林地	园地	草地	建设用地	中覆盖度荒草地	低覆盖度荒草地
水田	423 350.52	693.34	19.33	213.57	31.79	35.89	23.24	1 464.13	412.56	0.07
旱地	346.33	746 642.21	77.67	582.31	24.17	135.64	157.97	561.96	952.20	28.06
有林地	20.32	956.46	453 810.09	1 006.81	62.68	259.03	224.67	74.80	1 833.01	256.07
灌木林地	323.62	13 829.17	16 135.66	1 009 398.22	1373.19	108.51	3 143.40	311.54	8 571.58	103.83
疏林地	39.98	2 922.05	2 126.28	1 358.61	309 020.37	472.93	0	70.55	2 224.24	0
园地	0.08	164.16	69.59	0	0	12 667.08	0	9.55	0	0
草地	0	55.18	730.42	793.13	0	255.71	38 491.45	0	0.02	0
建设用地	100.77	250.22	8.23	1 568.35	479.84	0	231.29	30 534.36	207.34	0
中覆盖度荒草地	160.29	10 174.95	345.69	4 832.92	7 344.62	64.63	1 300.10	147.96	533 457.68	198.15
低覆盖度荒草地	3.32	1 144.23	136.02	335.23	19.41	50.29	180.05	1.28	1 070.75	55 379.39

土地利用优先指数可反映区域土地利用景观要素的转化过程。较短时段之内的景观斑块的转化主要受人文因素的影响<sup>[6]</sup>，有的转化方向可能是人类自身优先选择的，而有的可能则相反。从表 4 的土地利用优先选择指数可以看出：水田的变化主要是被建设用地占用；旱地的变化主要是由于开垦成水田和建设用地占用；有林地的变化主要是由于退化成低覆盖度荒草地和中覆盖度荒草地；灌木林地的变化比较复杂，一方面演替成有林地，另一方面退化成中覆盖度荒草地，同时也被开垦成旱地和水田；疏林地的变化主要是退化成中覆盖度荒草地和灌木林地；中覆盖度荒草地的转换主要体现在恢复成疏林地和灌木林地。

上述景观要素的变化说明研究区各类型斑块的变化稳定性存在较大差异。旱地、林地和荒草坡的

转换关系复杂，退耕还林还草与毁林毁草开荒同时并存，植被恢复与退化并存，表明旱地、林地和荒草坡斑块相互之间的频繁转换使斑块具有不稳定性，整体景观尚处于一种波动状态。旱地、林地和荒草坡这三者之间相互转化比较频繁，这是极不合理的、也是极不经济的<sup>[7]</sup>。研究区建设用地占用耕地的现象比较突出，这是今后该地区生态建设中应该引起重视并加以改进的重要方面。

### 3.3 土地利用变化的生态效应

3.3.1 土地利用变化的生态效应评价 参照 Costanza 等测算的全球不同生态系统类型服务价值的平均值之间的比例关系，结合研究区不同土地利用类型的实际生产力，确定不同土地利用类型的相对生态价值，即以林地的生态价值为最高，将其相对生态价值赋为 1.0，灌木林地与疏林地依其与林地

生态服务功能的全球平均值之间的比例关系,赋值为0.768,水田的生态价值明显高于旱地,二者的赋值在全球耕地平均生态系统服务功能价值比例的基础上,依研究区现状有所调整;由于研究区水体(主要为河流与湖泊),内部物种构成较为单一,生态系统结构相对简单,实际生态系统服务功能低于林地,其赋值相应降低;而城建用地与未利用地因为

Costanza 等人研究中缺乏相关数据而未进行估价,其赋值参照当地实际及与其他土地利用类型生态价值的比例关系而定<sup>[8-9]</sup>(表5)。对研究区各土地利用类型的面积比例,依据其相应的相对生态价值进行加权求和,得到区域土地利用的总体生态价值,定量表征一定土地利用格局下区域生态质量的总体状况。

表4 黔中丘原盆地土地利用优先选择指数的变化

Tab.4 Variation of land-use preference index (LUPI) in the middle of Guizhou

斑块类型	水田	旱地	有林地	灌木林地	疏林地	建设用地	中覆盖度荒草地	低覆盖度荒草地
水田		0.023	0.001	0.024	0.004	0.554	0.027	0.000
旱地	0.348		0.004	0.054	0.003	0.213	0.062	0.049
有林地	0.020	0.032		0.094	0.007	0.028	0.120	0.437
灌木林地	0.325	0.458	0.821		0.147	0.118	0.561	0.177
疏林地	0.040	0.097	0.108	0.127		0.027	0.146	0.000
建设用地	0.101	0.008	0.000	0.147	0.051		0.014	0.000
中覆盖度荒草地	0.161	0.337	0.018	0.452	0.787	0.056		0.338
低覆盖度荒草地	0.003	0.038	0.007	0.031	0.002	0.000	0.070	

表5 不同土地利用类型的相对生态价值

Tab.5 Relative ecological value of different land use types

土地利用类型	水田	旱地	林(园)地	灌木林地	疏林地	草地	中、低覆盖度荒草地	水体	城建用地	裸岩石砾地
相对生态价值	0.325	0.295	1.0	0.768	0.768	0.2	0.1	0.782	0.715	0.035

计算结果表明,黔中区1995年土地利用的总体生态价值为0.5344,2000年为0.5339,变差为-0.094%,区域土地利用生态价值整体属于中等偏低。在1995—2000年的土地利用变化中,由于旱地、有林地、灌木林地、中覆盖度荒草地等土地利用类型等相互之间的频繁转换,区域土地利用生态价值并未提高,略有下降趋势。(说明:表5为不同土地利用的相对生态价值;黔中区1995年土地利用的总体生态价值为0.5344,2000年为0.5339,是根据1995、2000不同土地利用类型的比重和其相对生态价值计算而来的。)

3.3.2 研究区土地利用变化与石漠化的关系 将研究区1995年、2000年土地利用现状图与研究区2000年石漠化分布图<sup>[10]</sup>叠加,得到部分土地利用类型的石漠化分布状况(表6)。旱地、灌木林地的石漠化比例有所降低,疏林地、中覆盖度荒草地、低覆盖度荒草地的石漠化比例有所增加,同样说明在1995—2000年的土地利用变化中,研究区的生态既有恢复,又存在继续恶化的趋势,与前述的结论

一致。

表6 研究区部分土地利用类型的石漠化比例

Tab.6 Rocky desertification proportion of different land use types in studied area %

土地利用类型	轻度石漠化		中度石漠化		强度石漠化	
	1995	2000	1995	2000	1995	2000
旱地	25.07	7.50	3.95	1.90	0.23	0.13
灌木林地	10.56	9.24	3.15	2.17	0.14	0.08
疏林地	32.39	37.98	7.01	7.06	1.25	1.42
中覆盖度荒草地	23.69	25.06	7.76	8.26	3.01	3.71
低覆盖度荒草地	31.43	41.04	10.78	15.34	1.38	0.88

## 4 结论与讨论

本文从较大的尺度上探讨了黔中地区1995—2000年的土地利用格局变化。研究区处于长江和珠江的分水岭,国家退耕还林还草等生态工程的实施效果在局部地区有所体现,但截至2000年,尚未对土地覆被变化产生区域性的影响。从研究区的土

地利用与景观转移来看,研究区的生态退化整体上并未有明显的好转,甚至有局部加重的趋势,因此,我们评价研究区的生态建设情况,除了重视土地利用类型的绝对面积变化外,各种土地利用类型间的相互变化过程也是不可忽视的。

复杂的地质构造、地层、深切河流将西南岩溶山区分割成许多水、热、生物地球化学背景条件千差万别的小单元,增加了景观的异质性和破碎性。人类不合理活动的干扰,加剧了岩溶山区脆弱生态环境以“石漠化”为特征的景观演化和景观破碎化进程<sup>[11]</sup>,在喀斯特山地自然条件的制约下,人为干扰呈蚕食性扩展,导致景观日趋破碎,规模较大、连通度较高的斑块日益被分割为分离的和碎小的斑块<sup>[12-13]</sup>。因本文的研究是在较大尺度下进行的,所以无法阐明土地利用景观变化的分布部位,也无法说明影响土地利用变化的直接因素和间接因素,这需要在较小的尺度上进行。目前进一步的工作正在进行中。

喀斯特地区社会经济因素对土地利用变化影响率较高,土地利用变化中的贡献率为70%~90%<sup>[14]</sup>,人口增长、经济发展是流域耕地景观变化进而导致系列景观变化最根本的原因,而比较经济利益和理智的生态环境保护政策是流域林地景观变化的主要原因<sup>[15]</sup>。生态退耕对农民家庭收入产生了显著的、比较复杂的影响<sup>[16]</sup>,但在喀斯特地区生态建设也有比较成功的模式<sup>[17]</sup>。在西南喀斯特石漠化地区的生态恢复与重建不仅仅是一个自然的、技术的过程,必须寻求生态上可行、经济上合理、政策上可操作的模式,这样,生态建设过程才能逐渐成为改变景观生态格局的重要过程。

## 5 参考文献

- [1] 郭旭东,陈利顶,傅伯杰. 土地利用/土地覆被变化对区域生态环境的影响. 环境科学进展, 1999, 7(6): 66-75
- [2] Robert, Costanza, Ralph d' Arge, Rudolf de Groot, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 38(7): 253-260
- [3] 苏维词. 贵州岩溶山区生态系统的脆弱性及其对策. 中国水土保持科学, 2004, 2(3): 64-69
- [4] 贵州省农业地貌区划编写组. 贵州农业地貌区划. 贵阳: 贵州人民出版社, 1989
- [5] Robin S R, Russell L K, Nyawira M, et al. Land-use and land cover dynamics in response to changes in climatic, biological and socio-political forces: the case of southwestern Ethiopia. *Landscape ecology*, 2000, 15: 339-355
- [6] 刘纪远,刘明亮,庄大方,等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析. 中国科学: D辑, 2002, 32(2): 1031-1040
- [7] 孟平,贾保全,张劲松,等. 太行山低山丘陵区景观变化特征分析: 以河南济源市为例. 生态学报, 2004, 24(4): 825-830
- [8] 彭建,王仰麟,张源,等. 滇西北生态脆弱区土地利用变化及其生态效应: 以云南省永胜县为例. 地理学报, 2004, 59(4): 629-638
- [9] 高清竹,何立环,黄晓霞. 海河上游农牧交错地区生态系统服务价值的变化. 自然资源学报, 2002, 17(6): 706-712
- [10] 李瑞玲,王世杰,周德全,等. 贵州岩溶地区岩性与土地石漠化的相关分析. 地理学报, 2003, 2: 314-320
- [11] 卢远,华瑾,周兴. 基于RS和GIS的喀斯特山区景观生态格局. 山地学报, 2002, 20(6): 727-731
- [12] 张惠远,蔡运龙,万军. 基于TM影像的喀斯特山地景观变化研究. 山地学报, 2000, 18(1): 18-25
- [13] Michael J Day, M. Sean Chenoweth. The karstlands of Trinidad and Tobago, their land use and conservation. *The Geographical Journal*, 2004, 170(3): 256-266
- [14] 张惠远,赵昕奕,蔡运龙. 喀斯特山区土地利用变化的人类驱动机制研究: 以贵州省为例. 地理研究, 1999, 18(2): 136-142
- [15] 蒋勇军,袁道先,况明生. 典型岩溶流域景观格局动态变化: 以云南小江流域为例. 生态学报, 2004, 24(12): 2927-2931
- [16] 陈国建,李锐,杨勤科. 大规模生态退耕对陕北丘陵沟壑区农村社会经济的影响: 以县南沟和燕沟小流域为例. 中国水土保持科学, 2004, 2(4): 48-52
- [17] 滕建珍,苏维词,廖凤林. 贵州北盘江镇喀斯特峡谷石漠化地区生态经济治理模式及效益分析. 中国水土保持科学, 2004, 2(3): 70-74