

玉溪市南盘江流域石灰岩地区景观格局变化研究  
——以江川县路居片区小流域为例

李宝荣<sup>1</sup>, 崔国发<sup>2</sup>, 王克勤<sup>3</sup>

(1. 云南省玉溪市水利局, 云南 玉溪 653100;  
2. 北京林业大学资源与环境学院, 北京 100083; 3. 西南林学院, 昆明 650021)

**摘要:** 以江川县路居片区小流域 1987~2003 年土地利用现状图和万分之一地形图为基础, 在地理信息系统软件 MapGis6. 6 工作平台支持下, 处理各种属性数据、图形数据等信息, 建立空间信息库, 提取相关土地利用现状和水土流失现状数据, 建立各种数据信息库。选取了斑块数、平均斑块面积、斑块形状指数、破碎化指数、分维数、景观异质性指数和景观均匀度指数等指标进行研究分析。研究结果表明: 17 年间, 景观斑块从 124 个增加到 162 个, 土地利用现状类型增加较为明显的是坡耕地、疏幼林、岩石裸露地三种类型; 水土流失现状各类型都有不同程度的增加, 土壤侵蚀面积共增加了 289. 9 hm<sup>2</sup>。景观斑块个数增加, 斑块平均面积出现不同程度的减少, 景观斑块平均面积减少了 5. 7 hm<sup>2</sup>, 景观破碎化指数 1987 年为 0. 914, 2003 年为 0. 922, 破碎化指数增加, 景观破碎程度加大, 水土流失景观向多元化及破碎化方向发展。  
**关键词:** 景观格局; 变化; 喀斯特; 斑块; 景观; 玉溪市  
**中图分类号:** Q 149      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1005-3409(2006) 01-0227-06

Study on the Landscape Change of a Karst Area  
in the Drainage Area of Nanpanjiang River in Yuxi  
——A Small Drainage Area of Luju District in Jiangchuan County as an Example

LI Bao-rong<sup>1</sup>, CUI Guo-fa<sup>2</sup>, WANG Ke-qin<sup>3</sup>

(1. Water Conservancy of Bureau Yuxi, Yunnan 653100, China;  
2. Resources and Environment College of Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;  
3. Southwest Forestry College, Kunming 650021, China)

**Abstract:** On the basis of figure of present land use from the year 1987 to 2003 and relief map with a ratio of one to ten thousand of a small drainage area of Luju district in Jiangchuan county, with the support of MapGis6. 6 workstation, kinds of data including properties data and graph data were analyzed, a spatial information base was created, then correlative data on present land use and soil and water loss were extracted; kinds of databases were created finally. Several targets, such as patch number, average patch area, form index of patch, fragmentation index, sub-dimension, heterogeneity index of landscape and homogeneity of landscape were studied. The results indicate that, during the past 17 years, the number of landscape patch has increased from 124 to 162; three types of land use including hillside cultivated, thin young woods and rock bare land have increased obviously according to utilization; kinds of soil and water loss have increased at different degrees, erosion area of soil has increased 289. 9 hm<sup>2</sup> totally; the number of landscape patches has increased while average patch area has decreased at different degrees, the average area of the landscape patches has decreased 5. 7 hm<sup>2</sup>; the index of the landscape fragmentation was 0. 914 in 1987 and 0. 922 in 2003, the index of the landscape fragmentation has risen and the degree of the landscape fragmentation has changed seriously; the landscape of the soil and water loss has developed more and more multiple and fragmented.  
**Key words:** landscape situation; transformation; karst; patch; Yuxi

景观生态学是一门以生态学和地理学为主体的多学科之间的交叉学科, 属于宏观尺度生态空间的研究范畴<sup>[1]</sup>。景观生态学是研究景观空间结构与形态特征对生物活动与人类活动影响的科学。景观的空间结构包括类型与格局, 而景观的形态则是指人类感知的视觉景观, 二者共同组成了景观的基本特征——空间构型。景观生态学的研究内容包括地域景观格局及其影响空间独立过程对景观的影响方式<sup>[2]</sup>。景观生态学研究最突出的特点是强调空间异质性、生态学过程和尺度的关系, 景观空间格局是景观空间异质性的全体表现, 它不仅体现自然的、生物的和社会的各种生态过程在不同尺

① 收稿日期: 2005-04-16  
基金项目: 云南省自然科学基金重点项目(2001D0082)  
作者简介: 李宝荣(1974-), 男, 云南江川县人, 硕士, 工程师, 主要从事水土保持规划设计、水土流失治理、监测等方面工作。

度上相互作用的结果,同时以决定着各种自然环境因子在景观空间的分布和组合,从而制约各生态过程<sup>[3]</sup>。景观空间格局是指景观组成单元的类型、数目以及空间分布与配置。景观要素在空间分布中的数量、位置、类型、形状、大小和方向构成了景观空间结构分析的主要内容<sup>[4]</sup>。通过研究同一地区不同时段景观空间格局的动态变化,对景观要素斑块之间的空间关系进行分析,可以反映景观要素之间相互作用的性质、强度和方式,从而有助于从无序的景观中发现潜在的有序或规律,解释景观格局与生态过程相互作用的机理,进而阐明景观形成和发展的控制因素和基本驱动力,提示人类活动在景观格局动态中的作用,最终实现景观的可持续利用。关于景观格局变化的研究,国内外已有众多学者对森林景观格局、土地利用格局、植被格局、湿地格局、绿洲景观格局等进行了研究<sup>[5-7]</sup>。本文以玉溪市江川县路居片区小流域为研究对象,通过利用土地利用现状图和实地调查获取原始资料,在地理信息系统软件 MapGis 工作平台支持下,处理各种属性数据、图形数据等信息,建立空间信息库,研究 1987~2003 年水土流失景观格局的动态变化。

1 研究区概况

南盘江属珠江上游,西江水系,干流流经玉溪市的澄江、华宁两县,在玉溪市境内长 84 km,流域面积为 4 948.63 km<sup>2</sup>,多年平均径流量 16.44 亿 m<sup>3</sup>,年输沙量 68.0 万 t。路居片区小流域位于抚仙湖东南岸,距江川县城 15 km,流域面积 30.16 km<sup>2</sup>,总人口 7 161 人。地貌为构造侵蚀中山地貌,地势东高西低,海拔最高为 2 534.6 m,最低为 1 722.0 m(抚仙湖湖面高程),坡度多在 10~25 之间。流域内岩性以石灰岩、白云岩为主。气候属北亚热带高原季风气候,多年平均气温 15.6℃,全年 10℃ 积温为 4 900℃;无霜期为 260 d。干湿季节分明,多年平均降雨为 897 mm,每年 5~10 月为雨季,降雨占全年的 85%,11 月至次年 4 月为旱季,降雨只占全年的 15%,雨季热湿多雨,旱季干燥少雨。主要河流有东河、石桥沟、小凹河三条,河水直接汇入抚仙湖。乔木林有云南松、华山松、滇油杉、栎类、桉木(旱冬瓜)、桉树、园柏等,灌木林有水马桑、野梨枝、杜鹃等,草本有紫茎泽兰、茅草、剑茅等。

根据小流域内土地利用现状和水土流失情况,确定土地利用类型为水田、梯地、坡耕地、乔木林、灌木林、疏幼林、荒山荒坡、岩石裸露地、非生产用地(包括村庄、道路、河流等)共 9 种类型;根据《土壤侵蚀强度分级标准》,流域内水土流失类型可分为无明显流失、轻度、中度、强度、极强度、剧烈 6 种类型。社会经济以农业为主,粮食、蔬菜自给自足,烤烟是当地的主要经济作物,也是农民的主要经济来源。

2 研究方法

2.1 研究资料来源

本文的研究数据来源:(1)1987 年和 2003 年的路居片区小流域万分之一土地利用现状图;(2)1987 年和 2003 年的万分之一地形图;(3)野外调查获取的研究区内土地利用现状、水土流失变化资料和自然地理基础资料。

2.2 研究方法

2.2.1 景观图形制作

(1)图形输入。在地理数据用于 GIS 之前,数据必须转换成适当的数字格式。利用扫描仪,分别将 1987 年、2003 年土地利用图和地形图输入计算机,保存为 TIF 图形。

(2)图形处理。通过各种方式获取的不同类型空间数据,必须通过标准化处理,在 MapGis6.6 软件平台下,利用点、

线、面等多种元素,以及丰富的地图符号、文本类型、线型、填充模式和颜色等表现类型,可详尽、直观、形象地完成土地利用现状图的矢量化。

(3)图形校正。利用地形图和土地利用现状图,到野外对绘制草图进行分类调查校对,修改景观斑块边界。

2.2.2 研究数据提取

在 GIS 软件下,分别处理 1987 年和 2003 年土地利用现状和水土流失现状各种属性数据、图形数据等信息,建立空间信息库,提取各种景观分析数据。

2.2.3 研究流程图

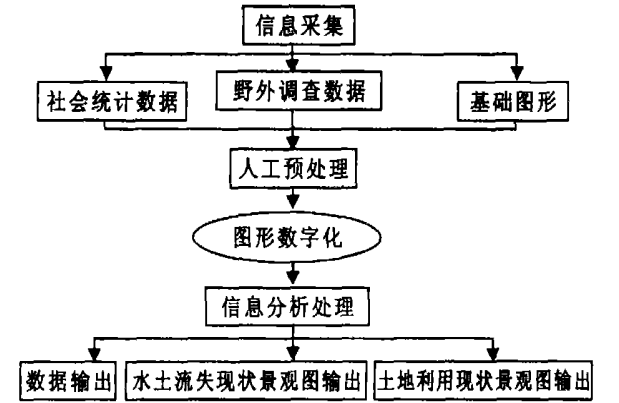


图 1 研究流程图

2.3 景观空间格局指数的选取

景观格局指数是指高浓缩景观格局的信息,反映基本结构组成和空间配置某些方面的特征的定量指标。景观生态系统的空间结构特征包括个体单元空间形态、群体单元的空间组合状况、单元间的空间关联指数、结构的时空变化规律几个方面。目前,国内外已有不少介绍景观格局指数和分析方法的文章<sup>[8-13]</sup>。本文选择斑块数、平均斑块面积、斑块形状指数、破碎化指数、分维数、景观异质性指数和景观均匀度指数等指标进行分析。

(1) 斑块数(NP)。NP= n<sub>i</sub>,

其中包括整个景观的斑块数和某一类型斑块数量。

(2) 平均斑块面积(MPS)。MPS= (∑<sub>j=1</sub><sup>n</sup> a<sub>ij</sub>)/n<sub>i</sub>

斑块面积是景观格局最基本的空间特征,是计算其它空间特征指标的基础。

(3) 斑块形状指数(shape index)。MSI= 0.19947 P<sub>ij</sub>/a<sub>ij</sub>

斑块形状指数是描述景观斑块的形状复杂程度,MSI 值越大,斑块周边越发达,斑块形状越复杂,反之,越小越简单。

(4) 破碎化指数(FS)。FS= 1- 1/MPS

破碎化指数是衡量景观斑块的复杂性,FS (0, 1),0 表示景观没有被破坏,1 表示景观完全被破坏。

(5) 分维数(D)。D= 2·log(P<sub>i</sub>/4)/log(A)

分维数用来测定斑块形状的复杂程度。D 值的理论范围为 1.0~2.0,1.0 代表形状最简单的正方形斑块,2.0 表示等面积下周边最复杂的斑块。

(6) 景观异质性指数又称申农指数(Shannon index)或申农多样性指数(Shannon diversity),用下式表示:

$$HT = - \sum_{i=1}^m P_i \cdot \ln P_i$$

景观多样性指数是描述斑块类型的多少和面积上分布

均匀程度,各景观类型所占比例相等时,景观多样性指数最大,各斑块类型的比例差别越大,景观多样性指数下降。 $HT$  值越大,表明斑块类型越丰富。

(7) 景观均匀度指数( $SH EI$ ):

$$SH EI = - \frac{1}{Ln(m)} \sum_{i=1}^m P_i \cdot \ln P_i$$

均匀度指数是描述景观中各斑块在面积分布的均匀程度,以多样性指数和其最大值  $Ln(m)$  之比来表示, $SH EI$  趋于 1,景观分布越均匀,也就是说  $SH EI$  值越大,表明景观异

质性越大。

以上公式中: $n_i$ ——第  $i$  类景观要素的斑块个数; $a_{ij}$ ——第  $i$  类景观要素第  $j$  个斑块的面积; $A$ ——景观的总面积, $m$ ——除景观边界以外的某景观类型斑块数, $P_i$ ——景观中第  $i$  类所占比例, $P_{ij}$ ——第  $i$  类型  $j$  斑块周长。

### 3 研究结果和分析

#### 3.1 土地利用现状景观格局分析

##### 3.1.1 景观格局特征值表

表 1 小流域土地利用现状景观特征值

景观指数	年份	水田	梯地	坡耕地	乔木林	灌木林	疏幼林	荒山荒坡	岩石裸露地	非生产用地	合计
斑块数/ 个	1987 年	11	10	26	13	8	17	22	3	14	124
	2003 年	18	9	43	11	4	26	24	10	17	162
斑块面积/ hm <sup>2</sup>	1987 年	366.8	172	558.5	526.7	225.3	482.8	542.5	65.6	76	3016.2
	2003 年	372.7	159.3	644.8	337.4	124.1	595.6	586.2	110.5	85.6	3016.2
面积比例 / %	1987 年	12.16	5.70	18.52	17.46	7.47	16.01	17.99	2.17	2.52	100
	2003 年	12.36	5.28	21.38	11.19	4.11	20.08	20.10	2.67	2.84	100
斑块平均面 积 MPS/hm <sup>2</sup>	1987 年	33.35	17.20	15.00	40.52	28.16	28.40	24.66	21.87	5.43	24.32
	2003 年	18.57	17.70	15.00	30.67	31.03	23.29	25.26	8.05	5.04	18.62
斑块形状 指数	1987 年	4.067	2.974	5.193	3.779	3.025	4.317	4.705	1.550	5.217	11.548
	2003 年	4.758	3.007	6.314	3.426	2.327	5.271	5.095	2.546	5.300	12.855
斑块破碎化 指数	1987 年	0.754	0.664	0.807	0.735	0.670	0.768	0.788	0.355	0.808	0.913
	2003 年	0.788	0.667	0.842	0.708	0.570	0.810	0.804	0.607	0.811	0.922
分维数	1987 年	1.727	1.238	1.532	1.518	1.306	1.496	1.524	0.998	1.034	1.953
	2003 年	1.431	1.219	1.568	1.406	1.157	1.552	1.553	1.049	1.064	1.953
斑块多样性 指数	1987 年	0.256	0.163	0.312	0.305	0.194	0.293	0.309	0.083	0.093	2.008
	2003 年	0.258	0.155	0.330	0.245	0.131	0.322	0.318	0.121	0.101	1.981
均匀度指数	1987 年	0.117	0.074	0.142	0.139	0.088	0.134	0.140	0.038	0.042	0.914
	2003 年	0.118	0.071	0.150	0.112	0.060	0.146	0.145	0.055	0.046	0.902

##### 3.1.2 小流域土地利用现状景观图

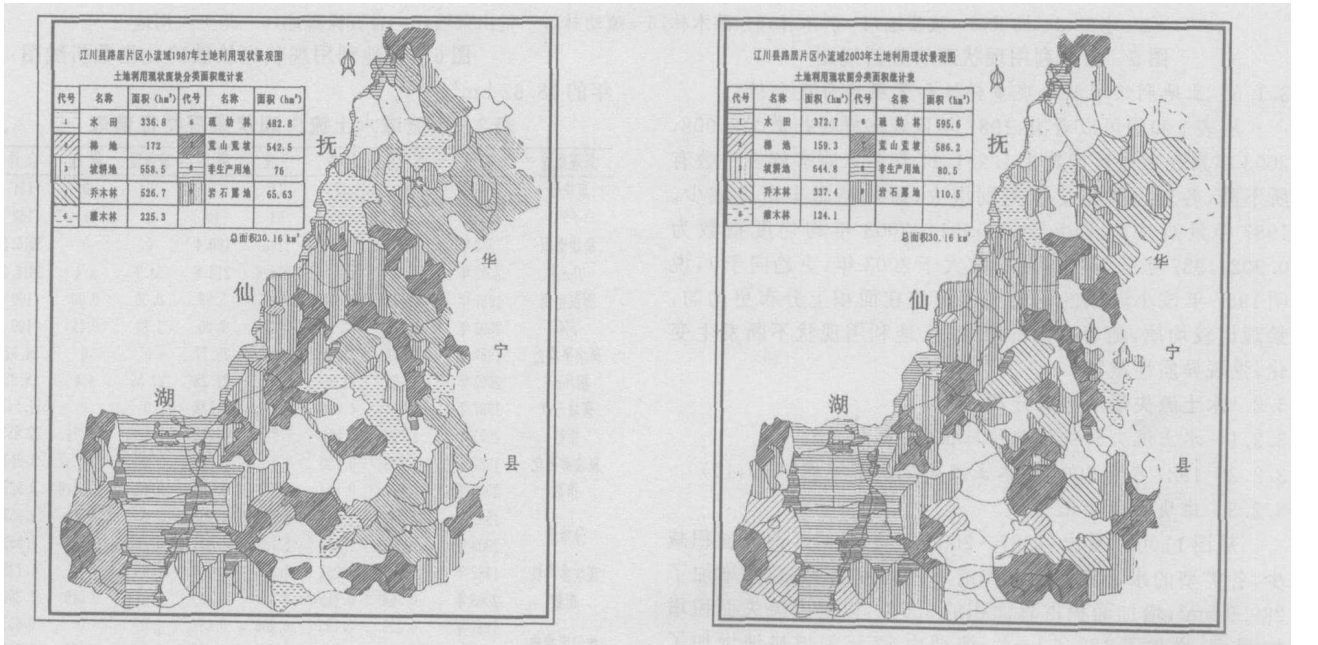


图 2 1987 年土地利用现状景观图

图 3 2003 年土地利用现状景观图

3.1.3 土地利用现状斑块面积变化

从表 1 和图 4 可以看出,1987~2003 年 17 年间,小流域内各类土地面积均出现不同程度的变化,其中,增加较为明显的是坡耕地、疏幼林、荒山荒坡、岩石裸露地 4 种土地利用类型,分别增加了 86.3 hm<sup>2</sup>、112.8 hm<sup>2</sup>、43.7 hm<sup>2</sup>、44.9 hm<sup>2</sup>,增幅分别为 15.4%、23.4%、8.1%、68.4%;减少较为明显的是乔木林、灌木林两种土地利用类型,分别减少了 189.3 hm<sup>2</sup>、101.2 hm<sup>2</sup>,减幅分别为 35.9%、44.9%。两个时段中,各类型面积比例最多的是坡耕地。

3.1.4 土地利用现状斑块数变化及景观破碎化指数分析

从表 1 和图 5 中可看出,1987 年~2003 年共 17 年间,各土地利用现状类型斑块数量都出现不同程度的增加,斑块总数由 1987 年的 124 个增至 2003 年的 162 个,增加了 38 个,增幅为 30.6%,其中,坡耕地类型斑块数量增加最突出,从 1987 年的 26 个,增至 2003 年的 43 个,增加了 17 个,增幅为 69.2%,其次是疏幼林和岩石裸露地类型斑块,分别增加了 9 个和 6 个,增幅分别为 34.6%、200%,灌木林地类型减少了 4 个。从图 6 中可以看出,由于各种土地利用现状类型斑块数出现不同程度的增加,斑块平均面积均出现相应的减少,总体斑块数量增多,平均斑块面积减少,景观破碎度明显增加。

3.1.5 土地利用现状斑块分维数和形状指数分析

从表 1 和图 7 中可以看出,1987 年和 2003 年两个时段中,坡耕地、疏幼林、荒山荒坡三种类型斑块的分维数值比较接近上限值,其分维数值 1987 年分别为 1.53、1.50、1.52,

2003 年分别为 1.57、1.56、1.53,从表 1 和图 8 中可以看出,坡耕地、疏幼林、荒山荒坡三种类型斑块的形状指数值 1987 年分别为 5.19、4.32、4.70,2003 年分别为 6.31、5.27、5.09,因此,根据分维数值和形状指数值可以看出坡耕地、疏幼林、荒山荒坡三种土地利用类型斑块形状最为复杂。

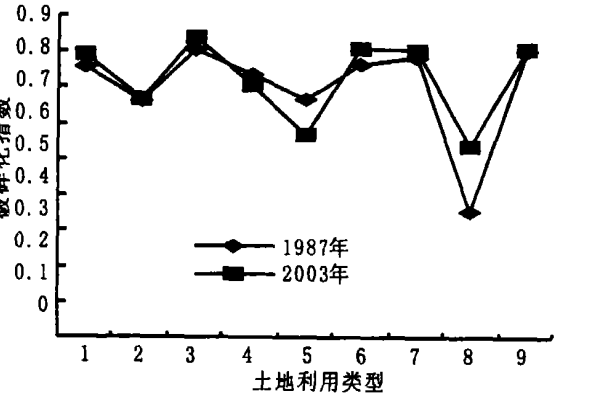
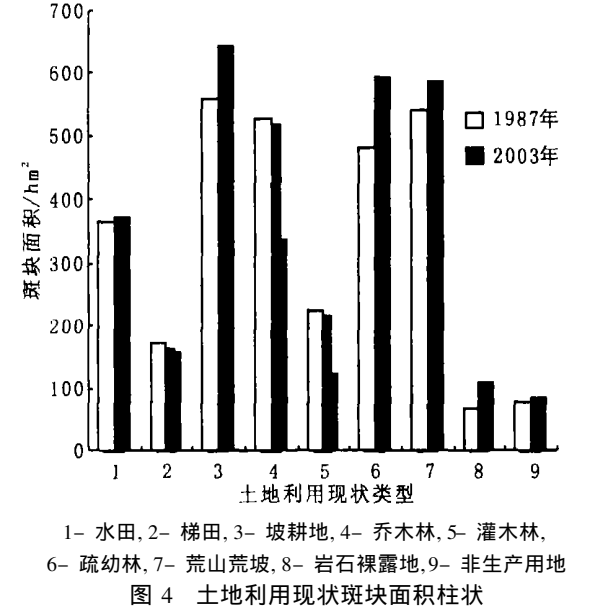


图 5 土地利用现状斑块数折线图

图 6 土地利用现状斑块破碎化指数折线图

3.1.6 土地利用现状景观多样性和景观均匀度分析

从表 1 和图可以 看出,1987 年景观多样性指数为 2.008,2003 年景观多样性指数为 1.981,17 年中景观多样性指数有所下降,各斑块类型比例差别增大,斑块类型丰富度减少。1987 年景观均匀度指数为 0.914,2003 年均匀度指数为 0.902,1987 年景观均匀度指数大于 2003 年,更趋向于 1,说明 1987 年该小流域的土地利用斑块在面积上分布更均匀,景观比较均质,随着时间的推移,土地利用现状不断发生变化,景观异质性增加。

3.2 水土流失景观格局分析

3.2.1 水土流失景观格局特征值(见表 2)

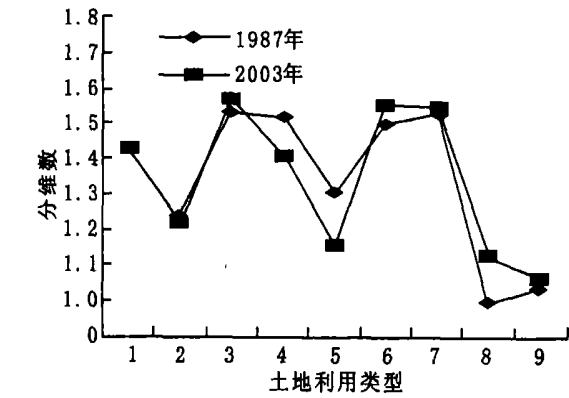
3.2.2 1987 年和 2003 年水土流失现状景观图(图 9,10)

3.2.3 斑块面积变化

从图 11 可以看出,1987~2003 年间,无明显流失面积减少,各类型的水土流失面积都有不同程度的增加,共增加了 289.9 hm<sup>2</sup>,增加面积占总面积的 9.6%,以中度流失面积增加最多,增加了 128.6 hm<sup>2</sup>。流域内 17 年间坡耕地增加了 86.3 hm<sup>2</sup>,平均斑块面积由 1987 年的 24.32 hm<sup>2</sup>,下降到

2003 年的 18.62 hm<sup>2</sup>。

表 2 小流域水土流失现状景观特征值表							
景观指数	年份	无明显	轻度	中度	强度	极强度	剧烈
斑块数	1987 年	56	17	44	7	0	0
	2003 年	58	28	63	10	2	1
斑块面积/hm²	1987 年	1366.8	321	1148	180.4	0	0
	2003 年	1076.9	390.8	1276.6	212.8	54.7	4.4
面积比例/%	1987 年	45.32	10.64	38.06	5.98	0.00	0.00
	2003 年	35.70	12.96	42.32	7.06	1.81	0.15
斑块平均面积/hm²	1987 年	24.41	18.88	26.09	25.77	0	0
	2003 年	18.57	13.96	20.26	21.28	27.35	4.4
斑块形状指数	1987 年	7.966	4.005	6.808	2.778	0	0
	2003 年	8.099	5.091	7.727	3.378	1.678	0.871
斑块破碎化指数	1987 年	0.876	0.750	0.853	0.640	0	0
	2003 年	0.877	0.804	0.871	0.704	0.404	-0.148
分维数	1987 年	1.756	1.394	1.712	1.250	0	0
	2003 年	1.696	1.433	1.739	1.291	0.952	0.323
斑块多样性指数	1987 年	0.359	0.238	0.368	0.169	0	0
	2003 年	0.368	0.265	0.364	0.187	0.073	0.010
均匀度指数	1987 年	0.200	0.133	0.205	0.094	0	0
	2003 年	0.205	0.148	0.203	0.104	0.041	0.005



1- 水田, 2- 梯田, 3- 坡耕地, 4- 乔木林, 5- 灌木林, 6- 疏幼林, 7- 荒山荒坡, 8- 岩石裸露地, 9- 非生产用地

图 7 土地利用现状斑块分维数折线图

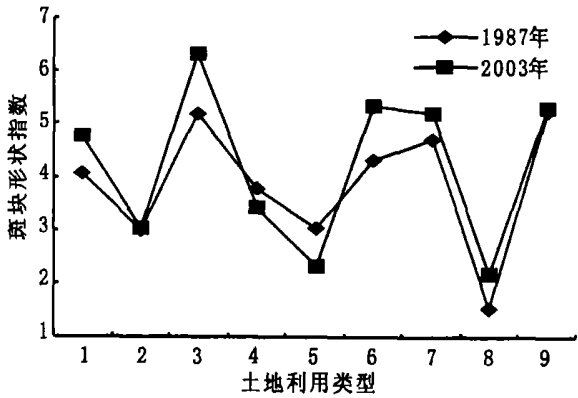


图 8 土地利用现状斑块形状指数折线图

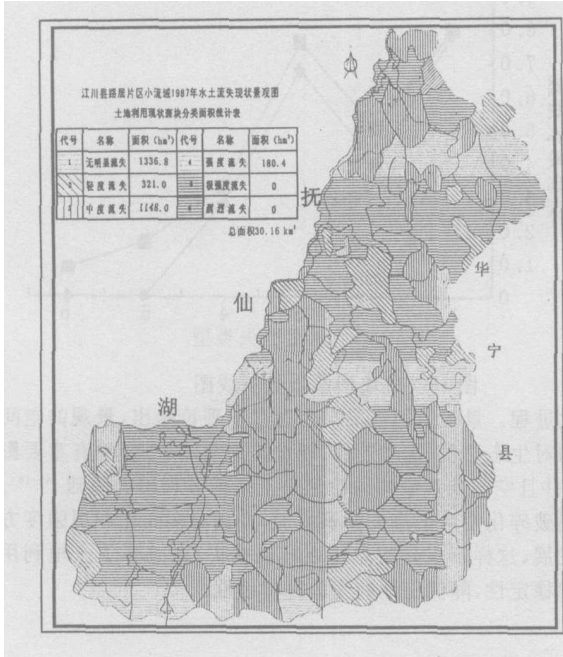


图 9 1987 年水土流失现状景观图

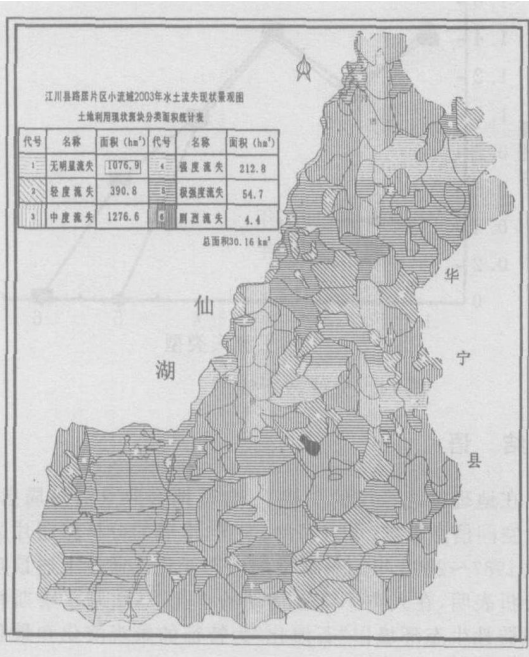
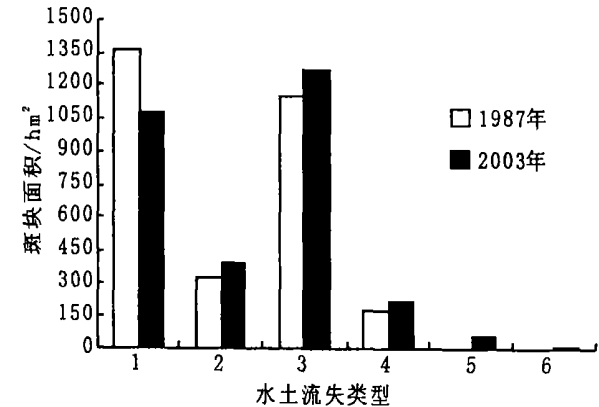


图 10 2003 年水土流失现状景观图



1- 无明显侵蚀, 2- 轻度侵蚀, 3- 中度侵蚀, 4- 强度侵蚀, 5- 极强度侵蚀, 6- 剧烈侵蚀

图 11 水土流失面积柱状图

3.2.4 斑块数变化及景观破碎化指数分析

1987~2003 年间, 各水土流失类型斑块数量都出现不同程度的增加, 斑块总数由 1987 年的 124 个增至 2003 年的 162 个, 增加了 38 个, 其中, 中度流失类型斑块数量增加较

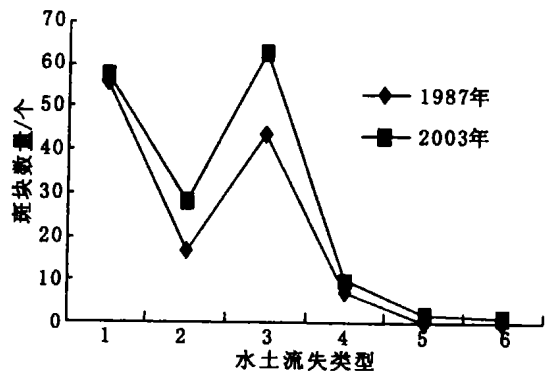
为突出, 从 1987 年的 44 个, 增至 2003 年的 63 个, 增加了 19 个, 其次是轻度流失类型斑块, 增加了 11 个, 极强度和剧烈流失类型在 1987 年前均为零, 而现在分别增加了 2 个和 1 个。由于各水土流失类型斑块数增加, 斑块平均面积均出现不同程度的减少, 破碎度明显增加。

3.2.5 斑块分维数和形状指数分析

从图 14 中和图 15 可以看出, 无明显流失和中度流失类型斑块分维数比较长接近, 其分维数值 1987 年分别为 1.46 和 1.42, 2003 年分别为 1.40 和 1.44, 形状指数值 1987 年分别为 7.97 和 6.80, 2003 年分别为 8.10 和 7.73, 因此, 无明显流失和中度流失斑块形状最为复杂。从两个时段比较来看, 2003 年度的各水土流失斑块类型的形状复杂程度高于 1987 年度, 从而说明了由于人为和自然因素, 导致水土流失面积逐年增加。

3.2.6 景观多样性和景观均匀度分析

从表 2 可以看出, 1987 年景观多样性指数为 1.091, 均匀度指数为 0.609, 2003 年景观多样性指数为 1.282, 均匀度指数为 0.715, 17 年来, 该流域景观的多样性和均匀度指数都有所增加, 景观的破碎程度加大, 说明景观的异质性程度提高, 水土流失类型向多样化及破碎化方向发展。



1- 无明显侵蚀,2- 轻度侵蚀,3- 中度侵蚀,4- 强度侵蚀,5- 极强度侵蚀,6- 剧烈侵蚀  
图 12 水土流失斑块折线图

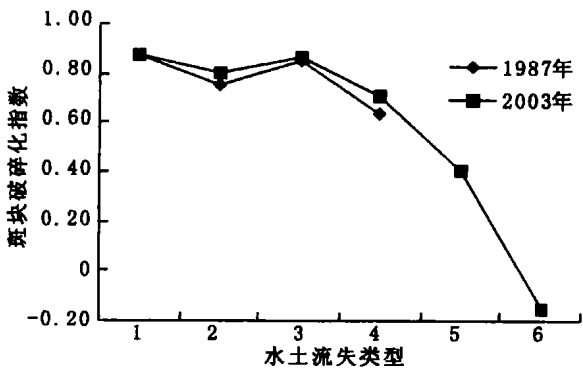


图 13 斑块破碎化指数折线图

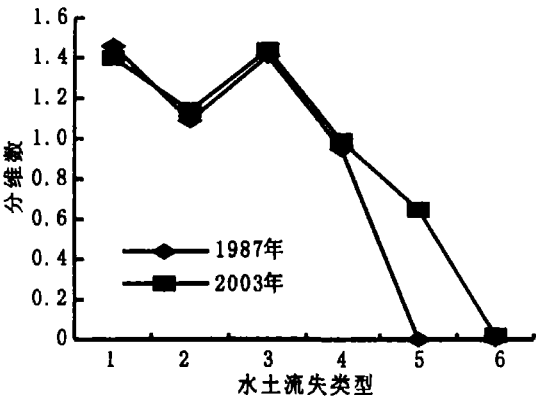


图 14 分维数折线图

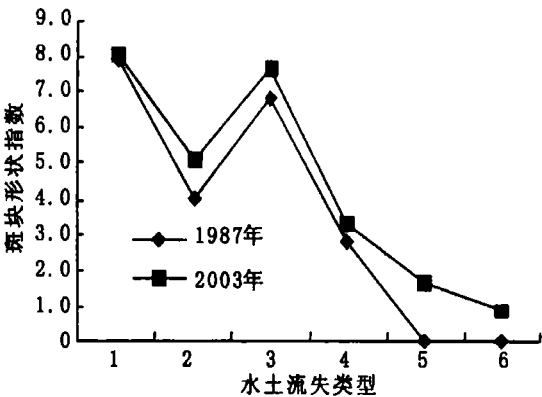


图 15 斑块形状指数折线图

4 结 语

在地理信息系统的支持下,合理地选取景观格局指数,建立空间信息数据,可以简洁、快速、准确的分析路居片区小流域 1987~2003 年的景观格局动态变化。通过上述景观格局分析表明,在人类不合理活动的干扰下,加剧了喀斯特山区脆弱性生态环境以“石漠化”为特征的景观演化和景观破

碎化进程。景观空间格局与生态过程理论指出,景观的空间结构对生态过程(物质迁移、能量传递和物种运动)有重要影响。并且空间景观结构的稳定是土地持续利用的基础<sup>[14~16]</sup>。景观破碎化使水土流失面积增加,并且向多元化和更强度方向发展,这样不仅导致生物多样性丧失,也破坏了土地利用景观稳定性,降低土地利用的可持续性。

参考文献:

[1] 肖笃宁,李秀珍.当代景观生态学的进展和展望[J].地球科学,1997,17(4):356-363.  
[2] 肖笃宁,李秀珍,高峻,等.景观生态学[M].北京:科学出版社,2003.3-4.  
[3] 肖笃宁,布仁仓,李秀珍.生态空间理论与景观异质性[J].生态学报,1997,17(5):435-461.  
[4] 王礼先,胡远满.辽河三角洲湿地景观变化分析[J].地理科学,1996,16(3):260-265.  
[5] 马克明,傅伯杰.北京东灵山地景观格局及其破碎化评价[J].植物学报,2000,24(3):320-326.  
[6] 曹宇,肖笃宁,赵羿,等.近十年来景观生态学文献分析[J].应用生态学报,2001,12(3):474-477.  
[7] 杨学军,姜志林,等.溧阳地区森林景观的空间格局动态[J].南京林业大学学报,1999,23(3):63-66.  
[8] 张明亮,丁圣彦,梁国付.GIS支持下的铁瓦河小流域景观空间格局动态变化研究[J].水土保持研究,2004,11(1):185-188.  
[9] 卢远,华瑾,周兴.基于RS和GIS的喀斯特山区景观生态格局[J].山地学报,2002,20(6):727-731.  
[10] 陈宏伟,李江.云南省头塘山地系统侵蚀结构景观分析[J].山地研究,1997,15(1):42-46.  
[11] 彭建,王仰麟,刘松,等.景观生态学与土地可持续利用研究[J].北京大学学报,2004,40(1):154-160.  
[12] 李振鹏,刘黎明,等.景观生态分类的研究现状及其发展趋势[J].生态学杂志,2004,23(4):150-156.  
[13] 赵景柱.景观生态空间格局动态度量指标体系[J].生态学报,1990,10(2):182-186.  
[14] 傅伯杰,陈顶利,马克明等.景观生态学原理及应用[M].北京:科学出版社,2002.  
[15] 何钢,蔡运龙,万军.生态重建模式的尺度——以我国西南喀斯特地区为例[J].水土保持研究,2003,10(3):83-86.  
[16] 万军,蔡运龙,等.喀斯特地区土壤侵蚀风险评价——贵州省关岭布依族苗族自治县为例[J].水土保持研究,2003,10(3):83-86.  
[17] 马力,杨新民,杨世伟.基于GIS小流域规划系统的研发[J].水土保持研究,2004,11(1):90-91.  
[18] 张成才,孙喜梅,黄建红,等.基于MAPINFO电子地图制作方法研究[J].水土保持研究,2002,9(4):144-146.  
[19] 李旭祥.GIS在环境科学与工程中的应用[M].北京:电子工业出版社,2003.