

文章编号: 1008-2786(2000)01-0018-08

# 基于 TM 影像的喀斯特山地景观变化研究

张惠远, 蔡运龙, 万军

(北京大学城市与环境学系 北京 100871)

**摘要:** 针对以往喀斯特山地土地退化研究中对景观整体功能重视不够、缺乏中小尺度上的区域案例研究等问题, 以 1:5 万 TM 影像为主要信息源, 借助 GIS 技术, 以景观生态学为主要的理论与方法依托, 对贵州高原西部喀斯特山地的景观变化进行了系统研究。

**关键词:** 景观; 景观变化; 喀斯特山地; TM 影像

**中图分类号:** P642.25; P931.5 **文献标识码:** A

虽然“景观”与“土地”都可作为“自然地域综合体”的代称<sup>[1,2]</sup>, 但随着生态学和地理学的融合与发展, 一种“生态化”的景观概念已逐渐为众多领域所接受<sup>[3]</sup>。在区域尺度上, 景观是互不重复且对比性强的基本结构单元<sup>[4]</sup>。这里的“景观”更关注景观之间以及景观内部的空间组合特征, 以及景观作为复杂生命组织整体的生态价值和带给人类的长期效益<sup>[5]</sup>。

中国西南喀斯特山地是世界上最大的岩溶出露区, 也是主要的生态脆弱带, 与黄土高原并称为中国环境退化与贫困最为突出的地区<sup>[6]</sup>。针对这种状况, 过去进行了大量研究工作, 但主要集中于大尺度区域土地利用变化和土壤侵蚀危险性评价、分区等方面的研究, 对景观整体的退化重视不够。所基于的资料也以地面调查和统计资料为主, 使研究工作无论在多时相对比还是在区域选择上都受到很大限制。而且, 喀斯特山地地形起伏变化大、地表破碎, 从中小尺度上展开研究更易与实际状况相符合。近年来, 随遥感技术的不断发展, 以 TM 影像为信息源进行大比例尺区域研究的途径已逐步得到验证和推广<sup>[7-10]</sup>。与此同时, 自 1982 年陆地卫星 4 号开始运行至今, 也已经积累了相当长时期的 TM 资料, 为快速、大范围的区域多时相对比研究提供了坚实的基础。为此, 本文主要依托大比例尺的 TM 影像资料, 借助 GIS 技术, 对喀斯特山区典型景观的格局和变化进行了深入研究。

## 1 区域及景观特征

本研究选取贵州省中西部空间上邻接的织金和普定两县为研究的背景区域, 其地理位置  $105^{\circ}20' E \sim 106^{\circ}11' E$ ,  $26^{\circ}9' E \sim 26^{\circ}58' N$ , 均为贵州高原石灰岩分布和喀斯特地貌发育的典型地区, 石灰岩分布均占总土地面积的 80% 以上。该地区属北亚热带季风湿润气候, 气候温和, 年均气温达  $15^{\circ}C$ , 夏季平均气温为  $23^{\circ}C$ , 冬季均温为  $8.5^{\circ}C$ 。降水充沛, 年平均降水量达到 1396 mm, 但集中于夏季, 6~8 月降

收稿日期: 1999-01-06; 改回日期: 1999-03-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(49571006)

作者简介: 张惠远(1969-), 男(汉族), 新疆霍城人, 现在北京大学环境科学中心进行博士后研究。1996年毕业于北京师范大学资源与环境学系, 获理学硕士学位, 同年考入北京大学城市与环境学系攻读自然地理学博士学位, 目前主要从事土地覆盖与土地利用变化、环境退化与生态恢复等方面的研究工作

水可占全年降水的 50% 以上。土壤以黄壤、石灰土为主, 土层一般较浅薄, 保水抗旱能力弱, 加上强烈淋溶作用和起伏变化剧烈的地貌特点, 使“生理性”干旱和土地石漠化等现象普遍存在且非常严重。地貌类型以中中山、低中山山地和低中山丘陵为主, 局部地段为高中山山地和低山丘陵<sup>[11, 12]</sup>。以岩溶丘陵、溶蚀洼地、峰林、峰丛等典型喀斯特地貌为主的山地、丘陵占土地面积的 80% 以上, 人类活动以农业生产为主, 形成自然景观与农业景观共存的景观类型。

## 2 资料与方法

### 2.1 资料准备

为与地方的普查和统计资料相对比和拟合, 本研究经过充分的区域调查和分析, 基于行政单元在上述区域选择了两个基本代表区域景观特征的样区进行研究。它们是织金西南部的熊家场乡和普定东北部的坪上乡, 前者的景观构成以中中山山地为主、局部为高中山和低中山山地; 后者的景观构成以低中山山地和低中山丘陵为主。

由于当地土地普查资料短缺, 本研究以 TM 影像数据作为基本资料来源, 分别收集了各景观样区 80 年代中期(1987—02)和 90 年代中期(1997—09)两时相共四幅 1:5 万 TM 影像数据。数据来源为中国科学院卫星遥感地面站。通过实验分析, 选取 TM4、3、2 三波段假彩色合成影像为基本数据源。为辅助图像分类分析及其检验, 本研究还收集了: 1. 各景观样区局部地段的黑白航摄相片(比例尺为 1:14 500, 覆盖面积达景观样区的 50% 以上); 2. 与航片相对应的 1:1 万地形图和研究区 1:5 地形图; 3. 研究区 1992 年 1:5 万土地利用图及其它土地普查资料。数据来源分别是贵州省测绘局和织金、普定县统计局。

### 2.2 景观单元的图像分类

利用遥感影像对地表植被反映较好的特点, 主要依据地表植被盖度并结合地面调查进行景观分类。同时, 为反映人类活动的程度和空间分布, 也从土地利用角度划分出旱地、水田和建设用地等主要由人类活动所直接形成的地表覆盖类型。分类系统见表 1。

由于喀斯特山地地形破碎、起伏变化大, 造成影像阴影较多, 地表植被类型丰富且空间变异大, 分类处理采用非监督分类和目视判别相结合的方法。通过初步非监督分类, 将图像分为若干小簇, 再结合航片和地形图进行目视判别。

### 2.3 数字高程模型(DEM)和影像地理配准

将各样区 1:5 万地形图放大, 按 1:2.5 万精度以 50 m 为间隔数字化输入计算机, 经表面内插生成景观样区的数字高程模型(DEM)。采用最近相邻法将 TM 图像与 DEM 图像进行地理配准, 误差均 < 1.5 个像元(相当于地面 45 m), 并用随 DEM 生成的景观样区边界对配准后的 TM 图像进行切割得到景观样区的 TM 图像。以上工作以及图像的分类和分析处理均基于微机版 ARC/INFO、IDRISI2.0 和 CITYSTAR2.5 完成。

软件提供单位分别为北京大学城市与环境学系的遥感与 GIS 实验室和土地科学中心。

### 2.4 景观格局及其变化分析

对于景观的格局及其变化的考察, 需要从两方面进行, 一是各类型斑块在景观中的数量分配, 也即景观的结构及其变化, 包括各类型斑块的个数、面积以及由它们所构成的景观整体数量特征如多样性、

表 1 景观单元的分类系统

Table 1 Classification system of landscape cells

类别	特征
林地	指有林地, 包括用材林、经济林地和长势较好的灌木林地
灌丛	指以灌木为主的灌丛地、灌草地
水体	指水库及河流
草地	以草本植物为主的灌草地、草地
荒草地	以草本植物为主, 覆盖密度较草地少
旱地	无灌溉设施, 主要靠天然降水生长作物的耕地, 包括坡旱地、梯旱地、茶园等
水田	有灌溉设施和水源保证的耕地, 包括水田和望天田
建设用地	包括居住、交通和工矿用地等
裸石、裸土地	基本无植被覆盖的土地

优势度等；二是构成景观的各类型斑块的空间形态和分布特征，即景观的空间格局及其变化，一般采用分维数、集聚度（或蔓延度）、分散度等指标进行度量。本文所采用的两方面主要度量指标的计测公式及其生态意义如表 2。

表 2 景观格局的度量指标<sup>1)</sup>  
Table. 2 Metrical index of landscape pattern

指标类型	指标名称	计 测 方 式	生 态 意 义
数量 结构	斑块数	各类型斑块的个数	
	斑块面积	各类型斑块的总面积、面积比例、最大斑块面积等	
	多样性 ( $H$ )	$H = -\sum_{i=1}^m P_i \cdot \log P_i$	表征景观中斑块的复杂性、类型的齐全程度或多样性状况
	优势度 ( $E$ )	$E = H_{\max} + (-\sum_{i=1}^m) = LP_i \cdot \log P_i$	用于测定景观结构组成中斑块类型支配景观的程度
空间 格局	分维数 ( $D$ )	$D = 2 \log(L/K) / \log S$	其值越大，说明斑块的自相似性越弱，形状越无规律
	分散度 ( $F$ )	$F = B/A$ ，其中： $A = S_i / S$ $B = (1/2) \sqrt{n/s}$	为某一元素类型的各斑块分布的分离程度，分散度越大，表明该类型元素在景观中的分布越分散

1) 主要引自文献 [13~15]，表中  $H$  最小值为 0，表明景观仅由一种斑块组成； $H_{\max} = \log(m)$ ，为景观的最大可能多样性，在本研究区， $H_{\max} = 2.197$ ； $m$  为斑块类型数； $P_i$  为第  $i$  类斑块的面积比例； $S$  为景观样区总面积； $S_i$  为  $i$  类斑块面积； $n$  是  $i$  类斑块的个数； $L$  是斑块周长； $K$  取常数 4； $D$  的值域为 1~2。

另外，研究景观的变化不仅要了解景观变化的程度，更有必要了解景观怎样变，即景观变化的方向和在哪样的景观条件发生变化。因此，本文基于马尔科夫模型，对各样区从 80 年代中期到 90 年代中期各斑块类型的转移情况进行了度量。为进一步掌握景观的变化，也考察了不同时相各土地覆盖类型在不同坡度上分配情况的变动。

## 3 结果与分析

### 3.1 景观单元的分类结果与检验

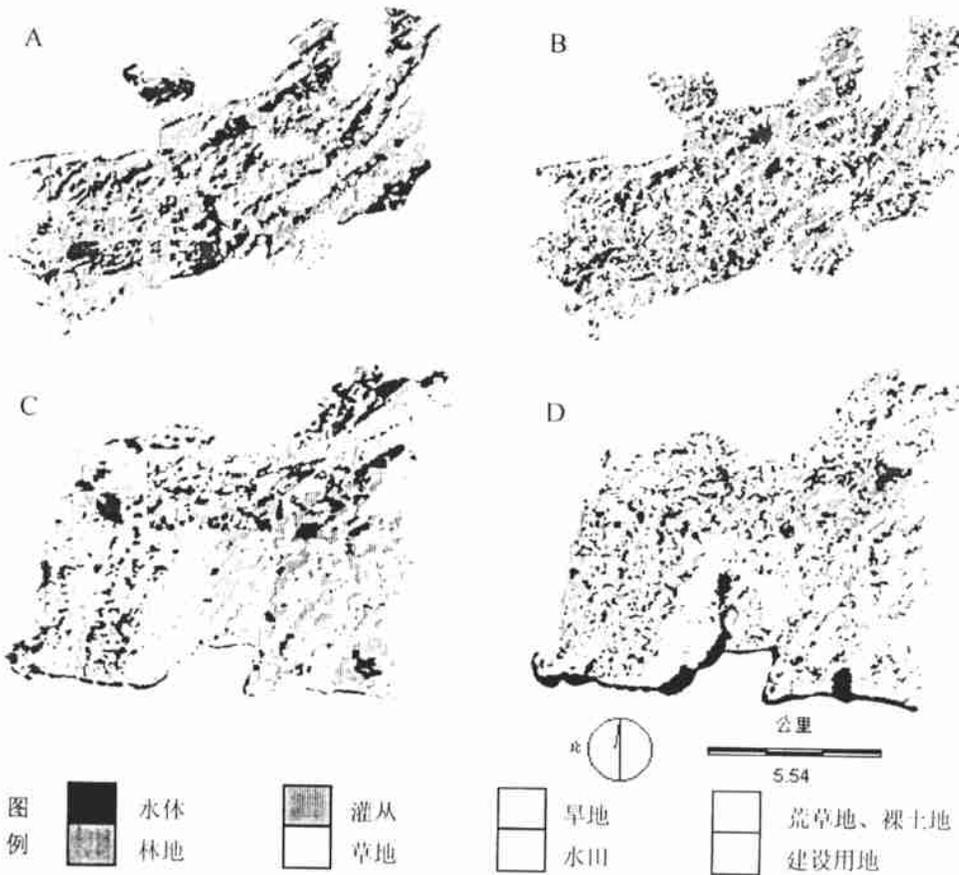
分类结果如图 1 所示，各类型斑块面积、个数统计和前述中的一些格局指标的计算结果见表 3~6。对上述分类结果的检验主要通过实地踏勘和与航片、地方土地普查结果相对比的途径进行。经过多次检核、修正，就不同单元类型各抽查了 10~15 个样点进行了野外检验（采样斑块的面积大于 4 个像元），类型的平均判对率超过 85%。各类型面积与地方土地普查结果也有较好一致性。可以认为，上述图像分类的结果能基本反映研究区的实际土地覆盖及土地利用状况。

### 3.2 景观数量结构的变化

**斑块数目分配及变化** 从 80 年代到 90 年代，各样区斑块的总数显著增加。如坪上样区的斑块总数增加了 1 464 个；熊家场样区增加了 1 361 个。各类型斑块的数目也都有不同程度的增加，其中林地、灌丛和耕地斑块数量的增加占主导，这已明显反映出近年来研究区景观的碎裂化程度相当严重。

**面积变化** 研究区不同时期各元素类型的总面积和面积比例均显示出灌丛、草地和林地占据着景观中的优势地位，表明喀斯特山地具有较好的自然本底。但近十年来，这种自然本底优势正趋于降低，尤其是林地和灌丛明显减少，而人为干扰有密切关系的裸石、裸土地都明显增加。另外，所研究的两样区中，最大斑块的面积都普遍减小，尤其是林地、灌丛等自然斑块，反映生物栖息环境质量仍趋于恶化。

**多样性和优势度变化** 由景观多样性指数和优势度的计算结果（参见表 7）来看，研究区具有较高的多样性指数和较低的优势度。而且从 80 年代到 90 年代，各样区的多样性均呈增加趋势，其中坪上样区的增加尤为显著，表明景观中各类型斑块的分配逐渐均匀化。这正是林地、灌丛、草地等优势斑块



A—熊家场样区 80 年代景观分类; B—熊家场样区 90 年代景观分类;

C—坪上样区 80 年代景观分类; D—坪上样区 90 年代景观分类

图 1 基于土地覆盖类型的景观分类图

Fig. 1 Classification maps of representative landscapes by land cover types

表 3 坪上样区 80 年代景观格局基本数量特征(hm<sup>2</sup>)Table. 3 Quantitative properties of landscape pattern of Pingshang area in 1980 s (hm<sup>2</sup>)

单元类型	斑块数	总面积	总周长(km)	最大斑块面积	分维数	平均面积	分散度	面积比例(%)
灌丛	381	3088.22	616.97	292.87	1.385	8.106	0.328	28.71
林地	337	1670.55	363.73	179.17	1.373	4.957	0.570	15.53
水体	18	56.32	19.34	15.46	1.281	3.129	3.906	0.52
裸石土地	175	151.01	69.58	11.73	1.372	0.863	4.543	1.40
草地	559	2446.23	635.17	224.33	1.408	4.376	0.501	22.74
旱地	372	1727.53	410.95	107.71	1.385	4.644	0.579	16.06
水田	172	793.64	173.64	224.25	1.344	4.614	0.857	7.38
荒草地	365	712.47	240.78	80.20	1.395	1.952	1.391	6.63
建设用地	66	111.84	39.60	18.45	1.321	1.694	3.767	1.06

表 4 坪上样区 90 年代景观格局基本数量特征(hm<sup>2</sup>)Table 4 Quantitative properties of landscape pattern of Pingshang area in 1990 s (hm<sup>2</sup>)

单元类型	斑块数	总面积	总周长(km)	最大斑块面积	分维数	平均面积	分散度	面积比例(%)
灌丛	541	2789.95	654.73	267.94	1.401	5.16	0.432	25.94
林地	702	1406.09	476.21	68.06	1.420	2.00	0.977	13.07
水体	21	502.83	62.35	291.72	1.251	23.94	0.473	4.67
裸石土地	480	407.78	195.60	8.09	1.418	0.85	2.786	3.79
草地	779	1795.98	561.38	69.35	1.419	2.30	0.806	16.69
旱地	531	2421.80	591.09	177.55	1.400	4.56	0.493	22.51
水田	369	872.22	253.75	55.03	1.384	2.36	1.142	8.11
荒草地	345	337.38	152.02	11.98	1.403	0.98	2.855	3.14
建设用地	141	222.71	78.52	14.57	1.353	1.58	2.765	2.07

表 5 熊家场样区 80 年代景观格局基本数量特征(hm<sup>2</sup>)Table 5 Quantitative properties of landscape pattern of Xiongjiachang area in 1980 s (hm<sup>2</sup>)

单元类型	斑块数	总面积	总周长(km)	最大斑块面积	分维数	平均面积	分散度	面积比例(%)
灌丛	472	2862.63	652.67	282.99	1.398	6.06	0.370	30.10
林地	331	2361.88	465.43	271.22	1.374	7.13	0.376	24.84
裸石土地	138	118.42	56.98	5.10	1.368	0.86	4.837	1.25
草地	518	2506.21	614.68	110.95	1.402	4.84	0.443	26.35
旱地	304	880.47	246.13	39.17	1.379	2.89	0.965	9.26
水田	74	175.45	53.88	8.66	1.323	2.37	2.391	1.85
荒草地	270	568.69	179.48	26.38	1.377	2.11	1.409	5.98
建设用地	31	35.53	14.45	3.32	1.282	1.15	7.641	0.37

表 6 熊家场样区 90 年代景观格局基本数量特征(hm<sup>2</sup>)Table 6 Quantitative properties of landscape pattern of Xiongjiachang area in 1990 s (hm<sup>2</sup>)

单元类型	斑块数	总面积	总周长(km)	最大斑块面积	分维数	平均面积	分散度	面积比例(%)
灌丛	612	3088.71	757.96	120.175	1.409	5.05	0.389	32.81
林地	781	2070.06	617.01	61.0182	1.418	2.65	0.655	21.99
水体	21	24.68	11.04	4.2081	1.276	1.17	9.007	0.26
裸石土地	298	233.47	115.15	5.9076	1.401	0.78	3.587	2.48
草地	628	2464.03	659.64	172.696	1.412	3.92	0.493	26.17
旱地	452	807.64	285.27	26.9483	1.405	1.79	1.277	8.58
水田	214	236.06	101.33	8.9828	1.382	1.10	3.007	2.51
荒草地	431	437.97	192.65	7.2833	1.410	1.02	2.300	4.65
建设用地	62	52.44	24.98	5.0983	1.327	0.85	7.285	0.56

面积减少、分布分散且破碎,而耕地、建设用地以及荒地等逐渐增加所造成的结果。优势度的时序变化却反映不同结果,在坪上样区近十年来少数优势斑块类型的优势地位已逐步为其它类型的斑块所消减,景观呈现比较均匀的分配。而在熊家场样区,优势度不仅都高于坪上样区,而且近十年呈上升趋势,反映景观中林地、灌丛、草地等类型的主导地位有增无减。

### 3.3 景观空间格局的变化

**分散度变化** 景观中各类型斑块的分散度是表征景观破碎和连通程度的有效指标。统计结果显示,各斑块类型中,林地、灌丛以及草地等相对而言比较适宜野生动植物栖息和活动的斑块类型分散度均明显增加。进一步证实研究区景观破碎度增高的变化趋势。

**斑块形态特征变化** 伴随多样性和碎裂化程度的增加,各类型斑块的形状除水体外也都趋于复杂。表明在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,其结果必然导致各斑块类型的分维数增高。

### 3.4 景观单元类型的转换

景观单元转移概率的计算结果(参见表 8、9)显示出研究区 80 年代到 90 年代景观单元类型间的转

表 7 景观多样性和优势度

Table 7 Diversity and dominance of representative landscapes

样区	80 年代		90 年代	
	多样性指数	优势度	多样性指数	优势度
坪上	1.779	0.418	1.905	0.292
熊家场	1.595	0.484	1.629	0.568

换呈现如下两方面特征:

1. 植被及耕地退化严重。坪上和熊家场两样区近十年来, 分别只有 47.01 % 和 48.18 % 的林地保持稳定, 而分别有 28.88 % 和 33.88 % 的林地都变成了灌丛, 也有相当一部分变成草地。相应地, 转换为林地的斑块类型中, 只有灌丛较多, 分别达到了 13.6 % 和 17.2 %, 林地恢复远不如林地的退化。

坪上样区从 80 年代到 90 年代, 除了有近 6 % 的旱地被建设用地和水库占用外, 有 3.29 % 转为裸石、裸土地; 5.2 % 转为草地, 1.5 % 转为荒草地。而与此同时, 又有高达 27 % 的草地、22 % 的荒草地以及相当一部分的裸石、裸土地、灌丛和林地被开垦为旱地和水田。耕地的退化与扩展均很可观。熊家场样区由于海拔高、坡度大使土地的抗干扰能力很低, 从而导致近十年来旱地退化十分严重。有 13.6 % 的旱地转变为草地, 7.5 % 转变为林地, 6.7 % 转变为灌丛地, 5 % 退化为荒草地和裸土、裸岩地。而耕地扩展受到很大限制。

2. 各类型斑块的变化稳定性存在较大差异。从整体来看, 耕地和灌丛地的变化相对稳定。这一结果也与实际相符, 耕地自不必说, 就灌丛而言, 因为其利用价值低, 又往往处于难利用地带, 难以转换为其它类型。草地、荒草地以及裸石、裸土地, 由于对季节变化比较敏感, 而且也易于与灌丛或耕地相混淆, 从而产生较大的不稳定性。建设用地在坪上样区相对稳定, 而在熊家场样区较低。这是由于熊家场样区属中中山山地、地形起伏较大, 居住地少且分布更为零散, 易与其它地类相混淆。

表 8 坪上样区景观单元转移矩阵

Table 8 Transferring matrix of landscape of cells in Pingshang area

单元类型	灌丛	林地	水体	裸石土地	草地	旱地	水田	荒草地	建设用地
灌丛	64.97	13.61	2.08	3.48	6.21	7.38	1.60	0.14	0.51
林地	28.88	47.01	1.75	2.06	12.96	4.39	0.63	0.38	0.14
水体	3.47	2.81	89.10	0.82	2.57	1.23	0.00	0.00	0.00
裸石土地	19.33	9.93	1.23	39.18	15.06	8.36	1.23	4.61	1.07
草地	7.53	4.46	7.14	4.93	44.35	25.21	1.94	1.72	1.34
旱地	1.24	3.39	3.62	3.29	5.2	65.27	10.98	1.46	2.29
水田	3.09	2.34	9.38	2.25	4.43	8.59	59.91	1.93	7.32
荒草地	6.13	1.05	7.58	3.46	20.76	15.89	6.98	34.98	1.47
建设用地	2.75	2.10	4.49	0.65	7.31	10.49	9.17	1.95	59.69

表 9 熊家场样区景观单元转移矩阵

Table 9 Ransferring matrix of landscape cells in Pingshang area

单元类型	灌丛	林地	水体	裸石土地	草地	旱地	水田	荒草地	建设用地
灌丛	53.15	17.20	0.49	1.95	19.98	1.72	1.25	2.82	0.34
林地	37.49	48.17	0.22	1.53	11.09	2.71	0.72	1.9	0.31
裸石土地	33.88	4.12	0.62	37.92	16.19	3.27	1.37	1.75	0.14
草地	25.19	12.83	0.15	1.74	51.41	3.86	1.49	2.67	0.31
旱地	6.67	7.50	0.10	1.63	13.64	62.48	2.63	3.41	0.82
水田	5.25	4.34	0.09	1.70	4.66	7.76	71.19	3.47	1.02
荒草地	11.26	2.08	0.01	2.07	36.93	5.71	1.62	39.28	0.61
建设用地	8.19	7.06	0.00	4.63	3.75	8.64	12.53	5.24	49.91

### 3.5 景观变化与坡度的相关分析

为了解喀斯特山地景观斑块的分布、变化与坡度的关系, 考虑到喀斯特山地区由于碳酸盐岩发育, 土壤多为石灰土, 且土层瘠薄, 对耕作坡度的要求要较非喀斯特山地区为高的特点, 本文按  $0^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 、 $3^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 、 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$  和  $> 20^{\circ}$  四个坡度等级对研究区景观单元的斑块分布进行统计, 结果(见表 10)显示:

坪上样区  $0^{\circ} \sim 3^{\circ}$  的洼地和缓坡地中, 耕地比例较其它类型高。但 80 年代以来比例明显减少。 $3^{\circ} \sim 10^{\circ}$  坡耕地比例较前者显著增加, 但灌丛、林地以及草地等其它类型也显著增加。80 年代以来, 这一坡度级上的耕地和其它斑块类型都变化不大。 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$  坡地上耕地继续较前者增加, 但增幅不大; 灌丛、林地等也有明显增加, 水域面积的比例明显下降。时序对比显示, 耕地有明显增加。 $> 20^{\circ}$  的坡地上, 耕地和

水域比例较前者都有较大幅度下降,灌丛、林地等也有所减少。时序变化上 90 年代的旱地较 80 年代增加,而水田则减少。

熊家场样区  $0^{\circ} \sim 3^{\circ}$  的土地中,相对其它类型耕地仍占据较高比例,而且时序变化上保持稳定。 $3^{\circ} \sim 10^{\circ}$  坡地中,旱地和水田都保持较高比例,且仍保持时序稳定。其它类型单元的比例也都有显著增加,增幅基本与耕地一致,而且时序变化不明显。 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$  坡地的景观单元的分布与前者相似,但都有一定程度的增加;时序变化依然不大。 $> 20^{\circ}$  的坡地上耕地比例虽较前者有所降低,但仍然保持较高比例。景观的如此空间配置,将成为引起土壤侵蚀和土地石漠化的潜在动力。

表 10 研究区景观单元类型的分配、变化与坡度相关分析表(%)

Table 10 Correlation of gradient with the change and distribution of landscape cells in representative areas(%)

样区	景观单元类型	$0^{\circ} \sim 3^{\circ}$		$3^{\circ} \sim 10^{\circ}$		$10^{\circ} \sim 20^{\circ}$		$> 20^{\circ}$	
		80 年代	90 年代	80 年代	90 年代	80 年代	90 年代	80 年代	90 年代
坪	灌丛	6.39	7.24	25.75	23.90	39.00	34.57	28.83	34.26
	林地	5.68	7.32	21.17	25.58	35.15	39.40	37.97	27.67
	水体	4.03	6.55	48.26	54.48	30.01	24.37	17.66	14.54
	裸石土地	7.66	10.89	21.22	31.33	43.94	38.91	27.17	18.85
	草地	6.75	7.85	30.33	24.84	38.58	36.93	24.30	30.35
	旱地	12.69	7.44	27.34	30.06	39.55	43.97	20.38	18.63
上	水田	11.18	7.34	35.97	24.97	40.05	43.38	12.76	24.28
	荒草地	8.86	7.77	31.23	24.07	36.53	37.34	23.35	30.79
熊家场	灌丛	6.45	6.94	25.12	23.81	37.60	35.47	30.84	33.78
	林地	5.82	5.43	20.74	23.46	33.83	35.94	39.62	35.00
	裸石土地	4.44	7.90	20.83	25.69	34.70	32.93	40.02	33.49
	草地	7.68	7.09	26.39	24.53	34.75	35.92	31.17	32.47
	旱地	7.04	7.75	28.86	26.79	33.05	34.72	31.05	30.75
	水田	11.30	11.27	26.53	27.63	38.19	35.14	23.98	25.96
	荒草地	7.29	5.85	27.39	23.57	32.55	32.12	32.81	38.46

## 4 结论与讨论

以上分析过程的结果,可以如下三点给予概括: 1. 不同喀斯特山地类型的景观变化虽然在个别侧面和变化程度上存在差异,但近十年来的总趋势均反映出人为干扰不断加剧、景观正处于严重退化过程之中。将对区区域生物多样性和生态平衡的维持以及自然资源的可持续利用形成严重的威胁。 2. 两种不同地貌类型的景观变化对比显示,虽然相对脆弱的景观受到了相对小的人类干扰,而相对优越的景观受到了更为严重的人类侵扰。但前者却承受着更为严重的威胁; 3. 研究结果也证实,基于 TM 影像的研究结果与经实地考察和分析的预期结果基本相符,在一定程度上说明了研究手段的可靠性。

当然,研究过程中也遇到了许多问题,如在对 TM 影像中的阴影以及其它形式的“同物异谱”和“同谱异物”问题的处理上,依然存在许多难以圆满解决的问题。相信遥感处理技术的不断提高,在不久的将来,使这些问题都能得以根本解决。

致谢: 在本研究进行的过程中,得到北京大学城环系王仰麟老师的悉心指导,与清华大学林文琪博士的多次交流也使作者受益匪浅,而北京大学城环系的赵昕奕博士亦为本研究和本文的完成付出了大量心血,在此深表谢意!

### 参考文献:

- [1] 刘南威,郭有立. 综合自然地理学[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 2~3
- [2] 阿尔曼德著,李世玠译. 景观科学: 理论基础和逻辑数理方法[M]. 北京: 商务印书馆, 1992. 8~17
- [3] Forman R. T. T., and M. Godron. Landscape Ecology[M]. New York: John Wiley & Sons, 1986. 8~13

- [4] Forman R. T. T. Land Mosaics: the ecology of landscape and regions[M]. Cambridge University press, 1995. 12~15
- [5] Hams W. B., Knaapen J. P. Landscape Planning and Ecological Infrastructure: The Randstad Study [C]. In: Connectivity in Landscape Ecology, Proceedings of the 2nd International Seminar of the IALE 1987
- [6] 蔡运龙. 中国西南岩溶石山贫困地区的生态重建[J]. 地球科学进展, 1996, 11(3): 602~606
- [7] 王新民等. 陆地卫星五号 TM 图像系统纠正产品的几何精度分析[J]. 环境遥感, 1989, 4(4): 293~299
- [8] Alden P. Colvocoresses Image Mapping with the Thematic Mapper[J], *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1986, 52(9): 1449~1505
- [9] 刘洋等. 大比例尺卫片在土地利用动态变化监测中的应用——以黑龙江省阿城监测区为例[J]. 国土资源遥感, 1998, (1): 49~53
- [10] 雷莉萍, 等. TM 图像在县级土地资源调查与开发规划中的应用研究[J]. 环境遥感, 1989, 4(4): 267~272
- [11] 织金县综合农业区划[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1990. 8~10
- [12] 普定县综合农业区划[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1990. 3~9
- [13] M. G. Turner et al. 美国佐治亚州景观格局的变化[J]. 姜恒春译, 生态学进展, 1988, 6(3): 190~193
- [14] 肖笃宁. 景观空间格局的指标体系和研究方法[C]. 见: 肖笃宁主编. 景观生态学: 理论、方法与实践, 肖笃宁主编, 北京: 中国林业出版社, 92~98
- [15] 陈利顶, 傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析——以山东省东营市为例[J]. 生态学报, 1996, 16(4): 337~344

## THE STUDY ON THE LANDSCAPE CHANGE IN KARST MOUNTAIN AREA USING TM IMAGE

ZHANG Hui-yuan, CAI Yun-long, WAN Jun

(Department of Geography, Peking University, Beijing, 100871)

**Abstract:** Concerning deficiencies in the study of land degradation in Karst mountain areas and based upon the primary theories and methods of landscape ecology, the paper studies landscape change in the karst mountain area in Western Guizhou province. TM images is used as the main information source and GIS as the main tool. The conclusion shows that the human disturbance is increasing, and the landscape is degrading in the last ten years, but the time characteristics of change of landscape are different among different types of Karst mountain area. The degradation of landscape will not only bring about loss of biological diversity and the land resources, but also seriously threat the ecological balance and sustainable development of regional ecosystem.

**Key word:** landscape, landscape change, Karst mountain, TM image