

近 40 年来贵州普定典型喀斯特高原景观格局变化*

秦罗义^{1,3} 白晓永^{2,3} 王世杰^{2,3**} 周德全¹ 罗光杰² 张斯屿² 李盼龙^{1,2} 李月^{2,4}

(¹ 贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵阳 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, 贵阳 550002; ³ 中国科学院普定喀斯特生态系统观测研究站, 贵州普定 562100; ⁴ 贵州大学林学院, 贵阳 550000)

摘要 为揭示喀斯特地区景观格局演变过程及规律, 利用 1973 年 MSS, 1990、2002 和 2009 年 TM 四期遥感影像, 以典型喀斯特高原普定县为研究对象, 将 GIS、RS 技术与景观生态学研究方法相结合, 分析了普定县近 40 年来的景观格局演变及其驱动因素。结果表明: (1) 研究区主体景观类型为林地、耕地, 其次为草地。景观变化主要为林草地和耕地之间的相互转化, 1990 年前, 前者向后者转移, 转移比例为 43.97%; 1990 年后, 后者向前者转移, 转移比例为 50.09%。(2) 景观指数在类型水平上, 1990 年前, 耕地呈面积增大、空间连片趋势, 林地则面积缩小、空间上被分割, 而 1990 年后, 耕地与林地呈现出相反趋势; 在景观水平上, 1990 年前, 景观破碎度增加, 多样性及均匀度减小, 景观类型向单一化方向发展; 1990—2002 年, 景观形状复杂化, 多样性和均匀度增加; 2002 年后, 景观破碎度减小, 离散和分离程度增加, 空间分布趋于不稳定。综上所述, 在生态环境极其脆弱的西南喀斯特地区, 生态恢复工程建设和产业结构调整是该区今后生态修复的主要和有效手段。

关键词 土地利用/覆被变化; 景观变化; 驱动因素; 贵州高原; 普定县

中图分类号 Q149 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2014)12-3349-09

Landscape pattern evolution of typical karst plateau in Puding, Guizhou during last 40 years. QIN Luo-yi^{1,3}, BAI Xiao-yong^{2,3}, WANG Shi-jie^{2,3**}, ZHOU De-quan¹, LUO Guang-jie², ZHANG Si-yu², LI Pan-long^{1,2}, LI Yue^{2,4} (¹ School of Geography and Environmental Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China; ² State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; ³ Karst Ecosystem Observation Research Station in Puding, Chinese Academy of Sciences, Puding 562100, Guizhou, China; ⁴ College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550000, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2014, 33(12): 3349–3357.

Abstract: Based on 1973 MSS and 1990, 2002, 2009 TM remote sensing images, the evolution process and driving force of landscape pattern in Puding County, a typical karst region during past 40 years were analyzed by using GIS, RS technology and landscape ecology research methods. The results showed that the main structure changes of landscape were the mutual conversion between woodland, grassland and farmland. Before 1990, about 43.97% of the woodland and grassland transferred to the farmland; after 1990, 50.09% of the farmland transferred to the woodland and grassland. At the class level, before 1990, the farmland landscape showed a trend of increase in area and of integration in space, while the woodland decreased in area and fragmented in space; after 1990, an opposite trend was found for the woodland and farmland. At the landscape level, before 1990, fragmentation index increased, and the diversity and evenness decreased, indicating that the landscape became simplified. From 1990 to 2002, the landscape shape became complicated, and the diversity and evenness increased. After 2002, the fragmentation decreased, and the discrete and separation degree increased, leading to unstable spatial distribution. All together, in the region with extremely fragile karst ecological environment in South-west China, ecological restoration project construction and industrial structure adjustment were

* 国家重点基础研究发展计划项目(2013CB956704)、国家科技支撑计划项目(2014BAB03B02)、中国科学院战略性先导科技专项重大项目(XDA05070400)和贵州省科技计划项目(黔科合重大专项字(2012)6015号)资助。

** 通讯作者 E-mail: wangshijie@vip.skleg.cn

收稿日期: 2014-04-29 接受日期: 2014-08-13

the main and effective means for ecological restoration in the future.

Key words: land use/cover change; landscape change; driving force; Guizhou plateau; Puding County.

景观格局深深地影响并决定着各种生态系统循环演化过程,也直接影响到景观内物种的丰度、分布及种群的生存能力及抗干扰能力(邬建国,2000;肖笃宁和李秀珍,2003)。景观格局分析是土地景观要素组成及空间配置的重要分析方法,是景观生态学的核心内容之一(Naveh & Liebfenna,1984;李欢等,2011)。中国西南喀斯特分布区是典型的生态环境脆弱区,同时又是全球气候变化研究的热点和关键区。近年来不少国内学者将土地利用研究方法和景观格局分析方法结合起来,对不同区域土地利用及景观格局变化进行了分析(摆万奇和赵士洞,1997;吴波和慈龙骏,2001;袁艺等,2003;郭笃发,2005;杨兆平等,2007;张飞等,2009;冯异星等,2010;朱君君等,2011)。在生态环境脆弱的喀斯特地区,张慧远等(1999,2000)和蔡运龙(1999)对该区的景观生态作了一定的研究,分析了该区域的土地利用/覆被变化,但当前对喀斯特脆弱生态区的景观生态研究主要集中于石漠化生态系统的研究(王世杰等,2003,2007;李阳兵等,2006),对景观演变规律及驱动机制研究还较少。因此,本研究通过分析近40年来典型喀斯特高原的土地利用景观格局演变,结合研究区多年降水量、年均温度、人口总量、产业结构等数据进一步分析了研究区景观格局演变的驱动因素,以期掌握喀斯特地区生态环境变化、人类干扰与土地利用景观演变之间的耦合关系,对于获取喀斯特不同生态系统的演变规律,促进喀斯特生态系统环境修复具有重要意义,最终为西南喀斯特地区土地资源科学利用提供依据,支持区域生态、人口、经济等协调可持续发展。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

普定县位于贵州省中部(图1),国土面积1091 km²。属北亚热带季风湿润气候,气候温和,雨量充沛,年均温15.1℃,年均降水量1396.9 mm。全县喀斯特地貌广泛发育,碳酸盐岩出露面积863.7 km²,占全县国土面积的79.2%。位于长江和珠江水系的结合地带,是长江中上游防护林体系建设工程和珠江流域综合治理防护林体系建设工程的重点

县,也是国家退耕还林的先进县和示范县。近20年来,进行了一系列的城市和工业建设,社会经济发展迅速,正逐渐成为黔中高原新的经济增长点。

1.2 数据处理与研究方法

1.2.1 数据来源与处理 以1973年Landsat MSS影像、1990、2002、2009年Landsat TM影像为基础数据,数据来源于马里兰大学和中国科学院对地观测中心网站。所有影像均采用近红外、红光与绿光波段进行标准假彩色合成,并以1:1万地形图对4期影像进行几何精校正,平均位置误差控制在一个像元以内。选取野外类型样本,在人机交互方式下进行目视解译,并结合研究区DEM、气象、水文、土壤及相关社会统计资料等其他辅助数据,对土地利用/覆被矢量图进行修正,建立研究区景观空间和属性数据库。

研究区喀斯特地貌发育,景观斑块破碎、分散,根据研究区土地景观特点以及全国区域委员会1985年公布的土地利用分类标准,在借鉴国内外土地利用类型分类研究成果的基础上,将研究区分为有林地、灌木林地、其他林地、草地、水田、旱地、水域、建设用地和未利用地等9种景观类型(表1)。

对得到的土地利用矢量图9种景观类型随机选取大量的野外验证点,并结合历年土地利用资料进行验证,经统计,各期景观类型矢量图精度分别为83.12%、88.53%、86.74%、87.54%,能够满足区域景观格局分析的需要。

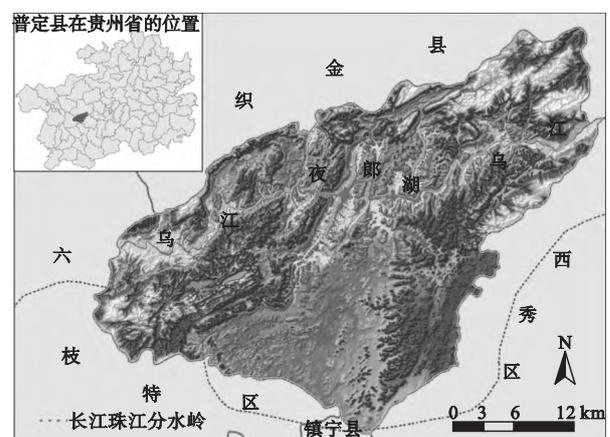


图1 普定县空间位置分布示意图
Fig. 1 Spatial location of Puding

表 1 研究区景观类型分类和定义
Table 1 Description of landscape classes and definitions in research area

景观类型	分类标准
林地	有林地 覆盖度较好,郁闭度 ≥20% 的自然或人工乔木林
	灌木林地 主要为高、中覆盖度的灌木林地、灌草林地等
	其他林地 中、低覆盖度的疏林地、苗圃地、未成林造林地等
草地	高、中、低覆盖度的自然和人工草地
耕地	水田 种植水稻等水生作物的耕地,包括坝子内的平坦水田和缓坡上的梯田等
	旱地 种植旱作物的耕地,也包括有灌溉条件的水浇地
	水域 天然或人工拦截形成的河流、湖泊、水库及坑塘水面
建设用地	城乡居民用地、工矿和交通建设用地等其他人工建成区
未利用地	岩石裸露率 > 70% 的重度和极重度石漠化裸地以及无植被覆盖的河湖沙地

1.2.2 研究方法 (1) 土地利用动态。不同景观类型,受自然和人为因素的干扰不同,其变化速率也

不相同。而景观变化速率的区域差异可以用单一和综合土地利用动态度模型来表述(王秀兰和包玉海,1999;刘纪远等,2002),公式如下:

单一土地利用动态度:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中: T 为研究时段 K 为研究时段某类景观类型的变化率, U_a 和 U_b 分别为研究期开始和结束时段某土地利用景观类型的数量。

综合土地利用动态度:

$$S = \left\{ \sum_{ij}^n (\Delta S_{i-j} / S_i) \right\} \times (1/t) \times 100\% \quad (2)$$

式中: S_i 为研究时段开始第 i 类景观总面积, ΔS_{i-j} 为由研究开始至结束时段内第 i 类景观转换为其他景观类型的面积总和, t 为研究时段, S 为与 t 时段对应的研究区景观变化速率。

(2) 土地利用景观空间转移矩阵。转移矩阵是各景观类型间相互转化数量及方向定量研究的主要

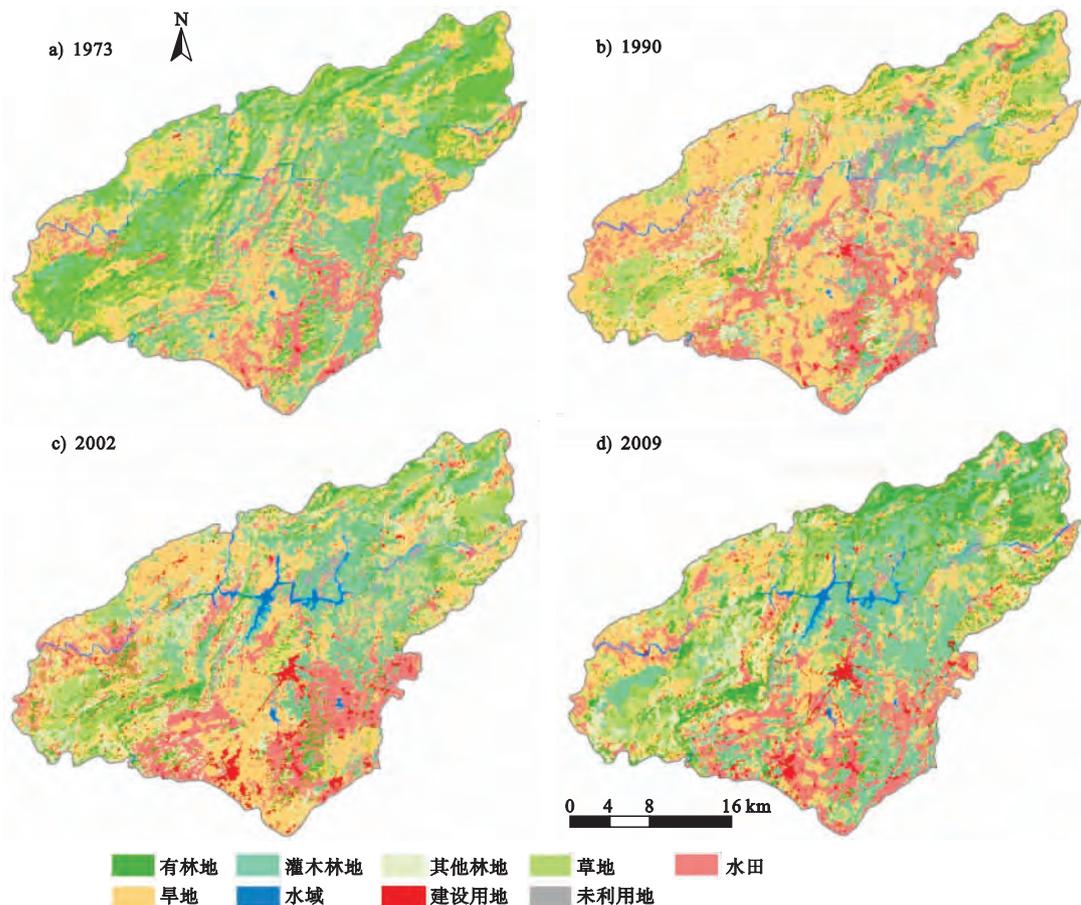


图 2 普定县不同历史时期景观类型空间分布信息示意图
Fig. 2 Spatial distribution of landscape in different historical periods in Puding

方法,它能够具体反映景观变化的结构特征和各类型之间的转移方向。转移矩阵的数学形式可以表示为(白根川等 2009):

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: P 为面积; n 为景观类型数; P_{ij} 中的 i, j 分别表示研究初期与末期的景观类型。

(3) 景观格局变化指数。恰当的景观指数选择主要依赖于研究目标、分析尺度和指数所表达的生态学意义,以景观几何特征为基础的景观格局分析可以有效地反映景观的空间格局分布(石玉胜等, 2010)。景观分析指数很多,但许多指标是高度相关的(张惠远等, 2000)。而恰当的景观指数选择主要依赖于研究目标、分析尺度和景观指数所表达的生态学意义(李秀珍等, 2004; 傅伯杰等, 2008)。本文利用景观分析软件 Fragstats 3.3 计算景观格局在类型和景观水平上的指数,类型水平指数包括斑块数目(NP)、斑块密度(PD)、最大斑块指数(LPI)、面积—周长分维数($PAFRAC$)、散布与并列指数(IJI)、聚集度指数($COHESION$) 6 个指数。景观水平指数包括斑块数目(NP)、景观形状指数(LSI)、蔓延度指数($CONTAG$)、分离度指数($SPLIT$)、Shannon 多样性指数($SHDI$)、Shannon 均匀度指数($SHEI$) 6 个指数。

2 结果与分析

2.1 土地利用/覆盖变化

2.1.1 土地利用面积变化 根据普定县土地利用/覆被类型矢量图的统计结果(图 2,表 2),可以发

现:普定县景观类型主要为林地(有林地、灌木林地、其他林地)、耕地(水田、旱地)和草地,3 类景观类型总面积在 4 期土地利用中所占比重分别达到 98.57%、95.60%、93.19% 和 92.60%,其他土地利用方式所占比重不足 8%。

1973—1990 年,林草地(有林地、灌木林地、其他林地和草地)比重大大下降,由 54.21% 下降至 26.84%,耕地和未利用地比重有很大增加,由 45.03% 增加至 71.84%,而 1990—2009 年,林草地、耕地和未利用地的变化趋势与前一时段相反,林草地比重上升至 48.01%,耕地和未利用地比重下降为 46.73%。

建设用地比重一直呈上升趋势,从 1973 年的 0.17% 增加到 2009 年的 3.18%;水域面积 1973—2002 年呈上升趋势,其中 2002 年水域面积较 1973 年面积增长 3 倍多,2009 年较 2002 年面积又有所减少。

2.1.2 土地利用动态变化 根据普定县 1973—2009 年土地利用动态及景观变化量和年变化率(表 3,图 3)可知,土地利用动态变化规律为:不同研究时段土地利用动态差别较大,1973—2009 年,普定县综合土地利用动态呈现“快—慢—快”的趋势,而 2002—2009 年时段内土地利用综合动态最大,表明该时期土地利用景观的变化速度较快;从单一动态来看,近 40 年来,建设用地变化速度最大,年变化率达 7.88%,其次为水域和未利用地,年变化率分别为 5.98% 和 5.49%,其他类型年变化率较小;各类型不同时段内的变化速度也有所不同,有林地、灌木林地的变化速度有所减慢,其他林地的变化速度加快。

2.1.3 土地利用转化 普定县近 40 年来的土地利用及景观变化过程见图 3 和表 4。研究表明,研究区的景观变化过程呈现明显规律:近 40 年来,研究

表 2 1973—2009 年各土地利用/覆被类型面积及比重

Table 2 Area and proportion of land use and cover during 1973—2009

覆被类型	1973		1990		2002		2009	
	面积(km ²)	比重(%)						
有林地	129.1	11.83	62.1	5.69	96.8	8.87	144.4	13.24
灌木林地	259.0	23.74	66.1	6.06	138.0	12.65	218.6	20.04
其他林地	118.7	10.88	97.7	8.96	118.8	10.89	75.0	6.87
草地	84.7	7.76	66.9	6.13	73.0	6.69	85.7	7.86
水田	153.8	14.10	234.1	21.46	209.1	19.17	150.7	13.81
旱地	330.1	30.26	516.0	47.30	381.0	34.92	337.8	30.96
水域	6.4	0.59	8.1	0.74	23.3	2.14	22.7	2.08
建设用地	1.9	0.17	6.4	0.59	29.8	2.73	34.7	3.18
未利用地	7.3	0.67	33.6	3.08	21.2	1.94	21.4	1.96
总计	1091.0	100.00	1091.0	100.00	1091.0	100.00	1091.0	100.00

表 3 1973—2009 年单一与综合土地利用景观动态度
Table 3 Single and comprehensive land use dynamics during 1973—2009

年份	单一土地利用动态度									综合土地利用动态度
	有林地	灌木林地	其他林地	草地	水田	旱地	水域	建设用地	未利用地	
1973—1990	-6.35	-17.17	-1.26	-1.57	2.02	2.12	1.23	4.14	4.60	3.22
1990—2002	2.99	4.34	1.48	0.70	-1.00	-2.95	5.44	6.54	-4.87	2.43
2002—2009	2.75	3.07	-4.87	1.23	-3.23	-1.07	-0.22	1.18	0.08	3.35
1973—2009	0.88	-1.54	-4.86	0.10	-0.17	0.19	5.98	7.88	5.49	0.43

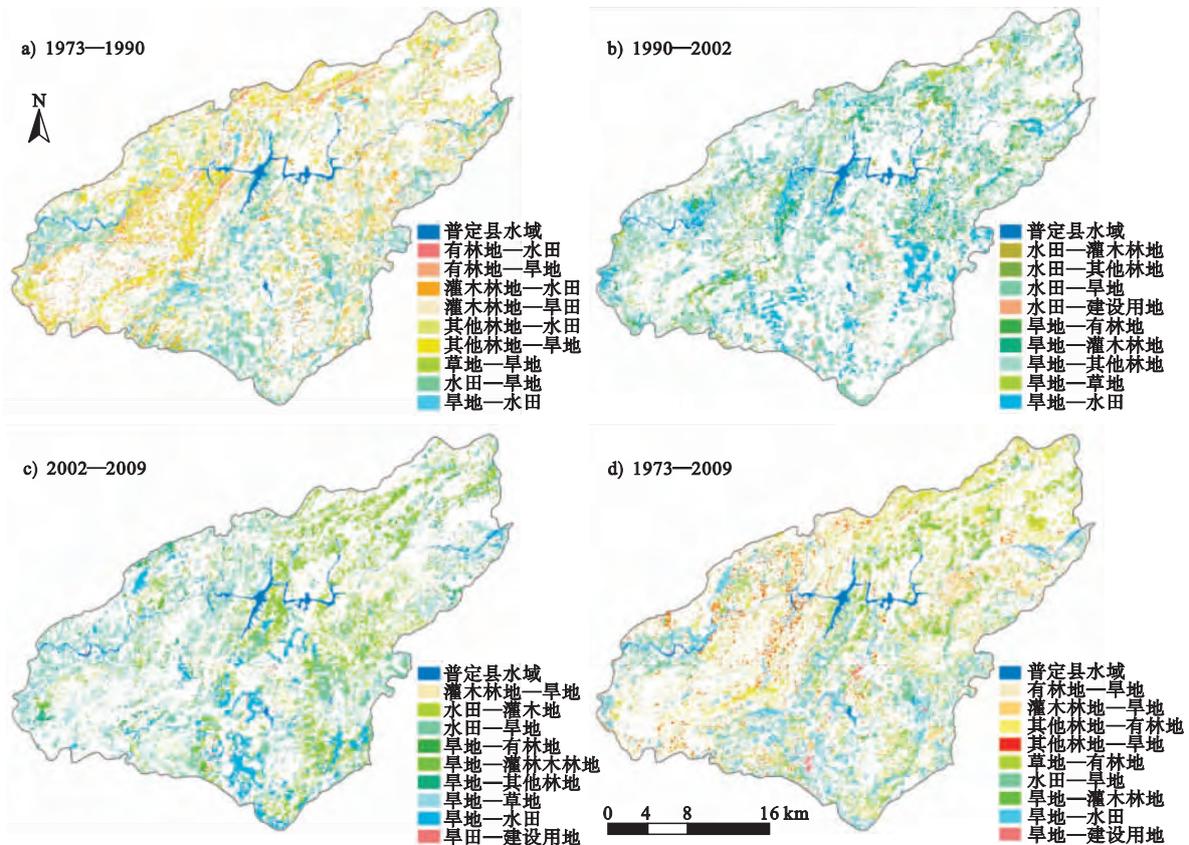


图 3 普定县不同阶段主要景观类型空间变化示意图
Fig.3 Landscape changes of Puding in different stages

区的景观变迁主要为林草地和耕地之间的相互转移,1973—1990 年,林草地大量向耕地转移,转移面积达到 318.2 km²;1990—2002 年,耕地大量向林草地转移,转移面积达到 157.3 km²;建设用地的增加主要源于耕地的转化,1973—2009 年,耕地向建设用地转移面积达到了 43.4 km²,占建设用地转入总量的 92.74%;未利用地与林草地、耕地之间的转移也较多,1973—1990 年,林草地、耕地大量向未利用地转移,而 1990—2002 年,未利用地则大量向林草地、耕地转移;此外,受普定电站修建蓄水影响,1990—2002 年,水域面积大大增加,转入面积占水域总面积的 71.25%。

2.2 景观格局动态

2.2.1 基于景观类型水平的景观格局

(1) 景观类型斑块特征。从各景观类型斑块数量 (NP) 来看 (表 5),林地、草地和耕地的斑块数量占主导,水域、建设用地和未利用地比重较小。近 40 年来,林草地和耕地斑块数量比重逐渐下降,由 1973 年的 99.15% 下降至 2009 年的 78.41%;从斑块密度 (PD) 上看,林地和耕地斑块密度较大,说明林地和耕地分布集中程度较高;从最大斑块指数 (LPI) 来看,耕地的 LPI 最大,其次为灌木林地,此外,耕地和林地的 LPI 以 1990 年为节点,呈现不同的变化趋势,耕地先增长后减少,林地先减少后增长,说明在

表4 普定县不同阶段景观类型转移矩阵(km²)
Table 4 Landscape transition matrix of Puding in different stages

		有林地	灌木林地	其他林地	草地	水田	旱地	水域	建设用地	未利用地	总计
1973—1990	有林地	37.0	9.2	16.3	10.4	16.8	37.3	0.8	0.0	1.3	129.1
	灌木林地	7.6	24.4	28.7	16.3	52.7	114.0	0.9	0.3	14.1	259.0
	其他林地	3.2	5.8	31.0	8.2	20.7	47.1	0.4	0.1	2.2	118.7
	草地	8.8	6.9	10.5	26.9	9.0	20.6	0.1	0.0	1.9	84.7
	水田	1.3	2.9	2.5	0.6	75.3	65.7	0.9	2.9	1.7	153.8
	旱地	4.2	12.6	13.0	4.5	57.7	228.8	0.8	1.2	7.3	330.1
	水域	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.4	4.2	0.0	0.0	6.4
	建设用地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	1.9
	未利用地	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1	0.0	0.0	5.1	7.3
	总计	62.1	61.8	102.0	66.9	234.1	516.0	8.1	6.4	33.6	1091.0
1990—2002	有林地	41.1	3.4	6.5	5.3	0.5	4.7	0.2	0.2	0.2	62.1
	灌木林地	5.1	30.5	7.3	4.8	5.3	10.3	0.7	0.0	2.1	66.1
	其他林地	18.4	15.8	32.5	9.8	6.8	11.6	1.5	0.2	1.1	97.7
	草地	8.1	7.1	7.7	30.6	1.9	8.7	1.9	0.1	0.8	66.9
	水田	9.0	20.7	18.8	6.4	96.9	63.2	4.9	11.9	2.3	234.1
	旱地	15.1	49.1	44.6	13.2	96.0	276.3	6.8	11.1	3.8	516.0
	水域	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.0	6.7	0.0	0.0	8.1
	建设用地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	6.3	0.0	6.4
	未利用地	0.0	11.4	1.4	2.9	1.3	5.2	0.5	0.0	10.9	33.6
	总计	96.8	138.0	118.8	73.0	209.1	381.0	23.3	29.8	21.2	1091.0
2002—2009	有林地	64.8	8.5	6.1	4.6	0.4	12.3	0.0	0.1	0.0	96.8
	灌木林地	14.7	69.4	10.4	11.5	1.6	26.2	0.2	0.9	3.1	138.0
	其他林地	24.3	21.5	27.5	14.6	2.8	26.0	0.1	0.9	1.1	118.8
	草地	16.8	15.4	6.5	21.8	0.3	11.2	0.0	0.3	0.7	73.0
	水田	6.9	25.9	6.5	7.4	79.8	76.3	0.8	4.7	0.8	209.1
	旱地	16.9	72.1	17.8	25.0	56.7	175.5	1.3	11.6	4.1	381.0
	水域	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.5	20.1	0.0	1.1	23.3
	建设用地	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	5.7	0.0	15.9	0.0	29.8
	未利用地	0.0	5.8	0.2	0.8	0.3	3.1	0.2	0.3	10.5	21.2
	总计	144.4	218.6	75.0	85.7	150.7	337.8	22.7	34.7	21.4	1091.0

1990年前,耕地在研究区域内面积上呈增大、空间上呈连片的趋势,而林地则面积缩小、空间上被分割,1990年后,耕地面积缩小,空间上分割,林地面积增加,空间上呈连片的趋势。

(2) 分离度。散布与并列指数(*IJI*)研究发现:林地、旱地、未利用地的*IJI*指数较大,建设用地和水田的*IJI*指数较小,说明林地、旱地、未利用地的分布聚集度高,彼此邻近;而建设用地和水田受人类活动的影响,分布较为分散,邻近度低。

(3) 连接性。水田和旱地的斑块结合度指数(*COHESION*)最高,接近100,说明该地类一直是普定县的最主要景观类型,连通性最好;而建设用地的斑块结合度指数最低,说明建设用地的分布相对分散,空间连接性较低。

2.2.2 基于景观水平的景观格局 (1) 景观斑块数量(*NP*)先增加后减少,2002年前呈现上升趋势,

斑块数量由1973年的18409个上升到2002年的30027个,景观破碎度增加;之后呈现下降趋势,降至2009年的19292个,景观破碎度减小(表6)。

(2) 研究区景观形状指数(*LSI*)呈现“减少—增加—减少”的趋势,说明近40年来,研究区景观形状呈现“简单—复杂—简单”的趋势。

(3) Shannon多样性指数(*SHDI*)和Shannon均匀度指数(*SHEI*)基本呈现相同的变化趋势,1973—1990年,呈下降趋势,分别由1973年的1.75和0.79下降至1990年的1.58和0.72,表明景观异质性、多样性及均匀度减小,景观类型有向单一化方向发展的趋势;1990—2002年,呈上升趋势,分别上升至2002年的1.82和0.83,说明景观多样性和均匀度增加;2009年较2002年有略微下降,变化不大。

(4) 景观蔓延度指数(*CONTAG*)变化趋势为“增加—减少—增加”,分离度指数(*SPLIT*)呈现

表5 1973—2009年普定县各斑块类型水平上的景观格局指数

Table 5 Landscape indices at class level in Puding from 1973 to 2009

年份	类型	NP	PD (hm ²)	LPI	IJI (%)	COHESION
1973	有林地	2323	2.15	0.20	73.57	85.29
	灌木林地	3830	3.54	3.26	76.69	95.80
	其他林地	4001	3.70	0.18	73.64	80.25
	草地	3321	3.07	0.86	67.52	83.63
	水田	2423	2.24	5.16	59.70	97.02
	旱地	2348	2.17	4.68	71.73	97.55
	水域	66	0.06	0.10	79.25	88.84
	建设用地	54	0.05	0.02	50.79	72.12
	未利用地	43	0.04	0.17	83.70	93.18
	1990	有林地	2672	2.46	0.14	75.36
灌木林地		3105	2.86	0.45	73.77	83.88
其他林地		4967	4.58	0.43	77.11	82.29
草地		1380	1.27	1.32	76.90	95.79
水田		4576	4.22	6.88	75.61	97.38
旱地		2447	2.26	21.89	76.51	99.46
水域		111	0.10	0.10	70.37	89.26
建设用地		495	0.46	0.05	34.54	62.66
未利用地		603	0.56	0.62	75.12	91.57
2002		有林地	3836	3.53	0.29	79.17
	灌木林地	4105	3.78	1.29	76.00	91.86
	其他林地	6766	6.23	0.40	76.79	83.77
	草地	2196	2.02	0.86	77.81	92.11
	水田	5047	4.65	6.42	76.16	97.04
	旱地	5499	5.07	8.80	85.77	97.68
	水域	133	0.12	0.89	78.30	96.15
	建设用地	1902	1.75	0.18	55.72	75.11
	未利用地	543	0.50	0.23	81.89	86.38
	2009	有林地	2767	2.55	1.31	66.94
灌木林地		4752	4.38	2.07	62.16	94.97
其他林地		754	0.69	0.49	69.17	91.78
草地		799	0.74	0.75	70.01	92.61
水田		587	0.54	3.05	55.60	97.44
旱地		5468	5.04	4.49	83.77	97.45
水域		270	0.25	0.62	83.37	93.72
建设用地		3352	3.09	0.22	63.78	67.25
未利用地		543	0.50	0.12	74.27	86.60

NP: 斑块数量; PD: 斑块密度; LPI: 最大斑块指数; IJI: 散布与并列指数; COHESION: 斑块结合度指数。

“减少—增加”的趋势,表明1973—1990年,各景观要素的聚集程度增加,离散和分离程度减少,优势斑块类型的比例逐渐下降,景观空间分布逐步趋于稳定;1990—2002年,景观要素聚集程度减少;2002—2009年,各景观类型聚集程度增加,离散和分离程度增加,优势斑块类型的比例逐渐下降,景观空间分布趋于不稳定。

2.3 土地利用与景观格局变化的驱动因素

影响土地景观结构变化的驱动因素一般包括自

表6 1973—2009年普定县景观水平上的景观格局指数

Table 6 Landscape indices at landscape level in Puding from 1973 to 2009

年份	NP	LSI	CONTAG	SPLIT	SHDI	SHEI
1973	18409	101.52	33.26	118.11	1.75	0.79
1990	20356	85.58	39.91	15.92	1.58	0.72
2002	30027	113.05	28.41	64.93	1.82	0.83
2009	19292	99.94	32.38	119.94	1.79	0.82

NP: 斑块数量; LSI: 景观形状指数; CONTAG: 景观蔓延度指数; SPLIT: 分离度指数; SHDI: Shannon 多样性指数; SHEI: Shannon 均匀度指数。

然因素和社会经济因素两大类。随人类社会的进步及人类改造自然的能力的增强,人口增长、产业结构及政策环境等社会经济因素的影响逐步超过了自然因素,成为驱动土地景观结构变化的主要因素。相对社会经济因素,自然因素虽然比较稳定,但对于对环境变化反应敏感的脆弱喀斯特生态系统来说,其变化仍可能带来不容忽视的影响。

2.3.1 自然因素 影响土地利用景观变化的自然因素主要包括地质、地貌、土壤、气温和降水等,40年中,前3个因素的变化较小,而降水和气温的变化相对活跃,对土地景观结构变化影响较大(闫俊杰等2013)。

从研究区年降水量和年均气温统计可知(图4),研究区近40年来年均降水为1343 mm,年均气温为15.11℃。其中,1973—1990年,降水年际变化较大,气温较低,平均降水量为1289 mm,气温为15.04℃;1990—2002年,年降水量变化较前一阶段趋于平缓,气温有所升高,平均降水量为1445 mm,气温为15.19℃;2002—2009年,年降水量年际变化小且呈下降趋势,气温呈小幅下降趋势,平均降水量为1310 mm,气温为15.13℃,气候总体呈现“冷干—暖湿—暖干”的变化趋势。相对应地从研究区土地景观图谱中可以看出,1990年前,林地面积减少;1990—2002年,林地面积增加;2002年后,林地面积继续增加,但有较大量的林地转向其他景观类型等。可见,降水和温度的波动对林地景观的面积和结构有一定的影响。

2.3.2 人口与产业结构因素 人口是人类社会经济活动中最主要的因素,也是土地利用/覆被及景观结构变化的直接驱动因素。根据研究区人口统计数据(图5),1973年,普定县人口为25.32万人,而2009年达到45.47万人,近40年内人口增加79.58%,人口增长带来城镇的迅速扩张,40年内,建设用地面积增长了十几倍;此外,人口增长速率对景观动态也有一定的影响,研究区人口增长速率

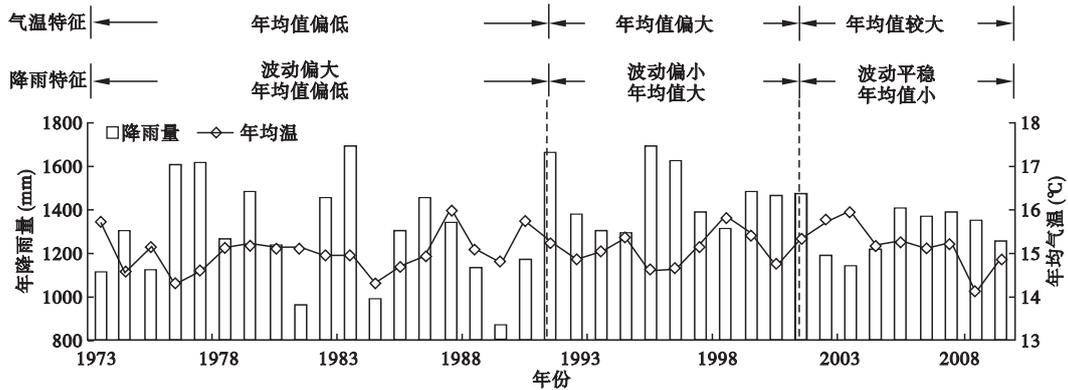


图4 普定县年降水量和年均气温统计
Fig.4 Changes of annual precipitation and annual average temperature in Puding

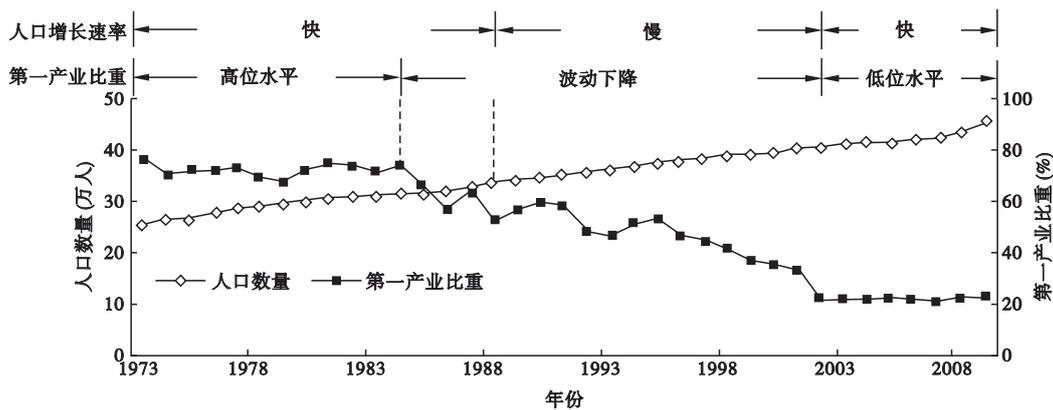


图5 普定县人口与第一产业比重变化趋势
Fig.5 Change trends of population and proportion of primary industry in Puding

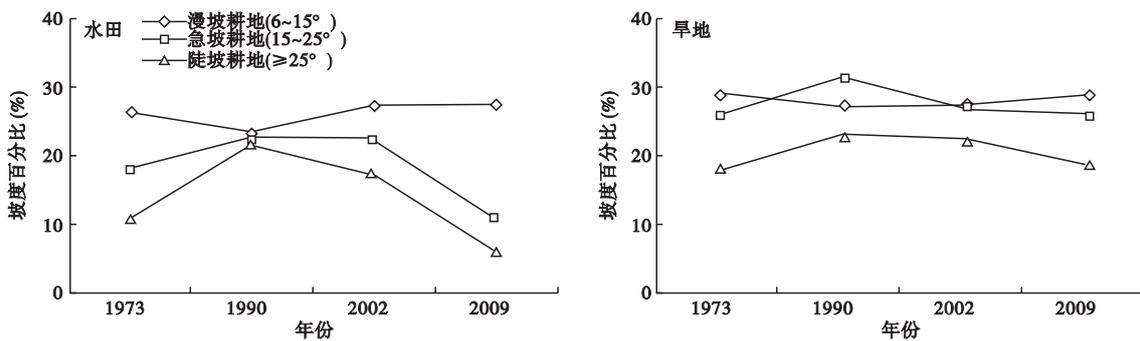


图6 普定县坡耕地比重变化趋势
Fig.6 Change trend of slope land proportion in Puding

基本呈现出“快—慢—快”的趋势,对应于研究区土地利用景观变化速度先加快,后减慢,最后又加快的趋势。

除人口因素外,产业结构对景观结构变化影响也较大,近40年来,普定县第一产业比重经历了“高位水平—波动下降—低位水平”的变化过程:1990年前,农业为支柱产业,相对应的,该时期耕地

迅速增加,并成为该时段主要土地景观类型;1990—2002年,进行产业结构调整,第一产业比重迅速下降,耕地减少,林草地有所恢复,未利用地也有所减少;2002年后,第一产业比重处于低水平稳定状态,景观变化趋于稳定。

2.3.3 政策导向因素 政策导向对环境生态系统脆弱的西南喀斯特地区影响较大(图6)。20世纪

90年代以前,研究区受划分自留山运动等历史事件影响,大量砍伐森林、陡坡开垦,急坡和陡坡耕地比重迅速上升,因此,该时段土地景观结构表现为林草地减少,耕地和未利用地增加,景观破碎度增加,多样性和均匀度减小,景观向单一化方向发展;1990—2002年,在国家政策主导下,开展了长江中上游防护林体系建设等生态修复工程,在全县范围内退耕还林、封山育林,急坡和陡坡耕地比重迅速下降,因此,该时段林草地增加,耕地减少,景观多样性和均匀度增加,此外,普定水电站建成蓄水形成的夜郎湖,对各景观格局也产生一定的影响;2002年后,全县继续恢复生态工程建设,但受2008年的南方冰雪冻雨灾害和2009年的西南大旱影响,林草地景观比重继续增长,局部地区出现林草地景观退化的现象。

3 结论

近40年来,普定县的景观格局变化显著,生态景观状态主要分为两个阶段:1990年前,生态破化阶段:林草地景观向耕地景观转移,景观稳定性下降,景观结构趋于不合理;1990年后,生态修复阶段:耕地景观向林草地景观转移,景观多样性和均匀度增加,生态景观趋于合理和稳定。

人类活动是研究区景观演变的主要驱动因素,人口膨胀和不合理的土地政策导致的森林破坏、陡坡开垦给生态环境带来巨大压力,而国家生态修复工程和产业结构调整,极大地促进了喀斯特生态脆弱区的环境生态恢复,此外,大规模地自然灾害对生态环境影响也较大。

在生态环境极其脆弱的西南喀斯特地区,开展国家生态恢复工程建设,发展第二第三产业,进行产业优化升级是该区今后生态修复的主要和有效手段。

GIS和RS技术为区域土地利用/覆被及景观变化监测提供了有力的技术与方法,为土地利用及景观管理与研究提供了丰富的数据资源,也使土地资源动态监控成为可能。但是,景观类型的经济社会属性以及地表物种组成等难以通过遥感影像获取,小尺度景观研究精度还有待提高。因此,结合地面实测数据及各种历史文献数据记录分析解决这些问题,将有利于推进信息技术在景观生态学和土地资源科学中的发展。

参考文献

白根川,夏建国,王昌全,等. 2009. 基于地类空间转化趋

- 势模型的眉山市东坡区土地利用转化分析. 资源科学, 31(10): 1793-1799.
- 摆万奇,赵士洞. 1997. 土地利用和土地覆盖变化研究模型综述. 自然资源学报, 12(2): 169-175.
- 蔡运龙. 1999. 中国西南喀斯特山区的生态重建与农林牧业发展: 研究现状与趋势. 资源科学, 21(5): 37-41.
- 冯异星,罗格平,周德成,等. 2010. 近50年土地利用变化对干旱区典型流域景观格局的影响——以新疆玛纳斯河流域为例. 生态学报, 30(16): 4295-4305.
- 傅伯杰,吕一河,陈利顶,等. 2008. 国际景观生态学研究新进展. 生态学报, 28(2): 798-804.
- 郭笃发. 2005. 黄河三角洲滨海湿地土地覆被和景观格局的变化. 生态学杂志, 24(8): 907-912.
- 李欢,刘霞,姚孝友,等. 2011. 蒙阴县土地利用景观格局动态分析. 水土保持研究, 18(5): 43-47.
- 李秀珍,布仁仓,常禹. 2004. 景观格局指标对不同景观格局的反应. 生态学报, 24(1): 123-134.
- 李阳兵,白晓永,周国富,等. 2006. 中国典型石漠化地区土地利用与石漠化的关系. 地理学报, 61(6): 624-632.
- 刘纪远,刘明亮,庄大方,等. 2002. 中国近期土地利用变化的空间格局分析. 中国科学(D), 32(12): 1031-1040.
- 石玉胜,肖捷颖,沈彦俊,等. 2010. 土地利用与景观格局变化的空间分异特征研究——以天津市蓟县地区为例. 中国生态农业学报, 18(2): 416-421.
- 王世杰,李阳兵,李瑞玲. 2003. 喀斯特石漠化的形成背景、演化与治理. 第四纪研究, 23(6): 657-666.
- 王世杰,李阳兵. 2007. 喀斯特石漠化研究存在的问题与发展趋势. 地球科学进展, 22(6): 573-582.
- 王秀兰,包玉海. 1999. 土地利用动态变化研究方法探讨. 地理科学进展, 18(1): 81-87.
- 邬建国. 2000. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社.
- 吴波,慈龙骏. 2001. 毛乌素沙地景观格局变化研究. 生态学报, 21(2): 191-196.
- 肖笃宁,李秀珍. 2003. 景观生态学的学科前沿与发展战略. 生态学报, 23(8): 1615-1621.
- 闫俊杰,乔木,田长彦,等. 2013. 新疆典型绿洲阜康地区土地利用/覆被及景观格局变化分析. 水土保持通报, 33(1): 139-145.
- 杨兆平,常禹,胡远满,等. 2007. 岷江上游干旱河谷景观变化及驱动力分析. 生态学杂志, 26(6): 869-874.
- 袁芝,史培军,刘颖慧,等. 2003. 快速城市化过程中土地覆盖格局研究——以深圳市为例. 生态学报, 23(9): 1832-1840.
- 张飞,塔西甫拉提·特依拜,丁建丽,等. 2009. 干旱区绿洲土地利用/覆被及景观格局变化特征——以新疆精河县为例. 生态学报, 29(3): 1251-1263.
- 张惠远,蔡运龙,万军. 2000. 基于TM影像的喀斯特山地景观变化研究. 山地学报, 18(1): 136-142.
- 张惠远,赵昕奕,蔡运龙,等. 1999. 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, 18(2): 136-142.
- 朱君君,胡远满,刘森,等. 2011. 浑河太子河流域景观变化及其驱动力. 生态学杂志, 30(1): 112-118.
- Naveh Z, Liebfenna AS. 1984. Landscape Ecology, Theory and Application. New York: Springer.

作者简介 秦罗义,男,1989年生,硕士研究生,主要从事环境遥感与景观生态学等方面的研究,发表论文2篇。E-mail: qinluoyi306@126.com
责任编辑 张敏