

典型岩溶流域景观格局动态变化 ——以云南小江流域为例

蒋勇军¹, 袁道先^{1,3}, 况明生¹, 王建力¹, 张贵², 何绕生², 章程³

(1. 西南师范大学资源与环境科学学院, 重庆 400715; 2. 云南省地质调查院, 昆明 650041;

3. 中国地质科学院岩溶地质研究所、国土资源部岩溶动力学开放研究实验室, 桂林 541004)

摘要:根据云南小江流域 1982 年的航片和 2003 年的 TM 影像及实地调查资料, 获得流域两期景观类型图, 利用 GIS、RS 和景观生态学的理论和方法, 分析了典型岩溶流域景观格局的动态变化及驱动机制。结果表明: 流域 610.12 km² 的景观类型发生变化, 占流域景观总面积的 59%; 景观类型变化主要由未利用地向耕地和林地以及林地向耕地的转化; 流域景观变化速度十分迅速, 综合变化动态度达 2.95%, 园地和耕地景观变化动态度达 34.09%、10.55%; 流域景观的斑块数增加 86.3%, 平均斑块面积减少 46.1%, 流域景观的基本构型由以大斑块为主体, 中、小型斑块镶嵌其中转变为以中等斑块为主体, 大、小型斑块镶嵌其中的构型; 流域景观多样性指数增长 4.14%, 破碎度指数增长 84.6%; 未利用地、林地的分离度指数分别增加 114.58% 和 69.64%, 而耕地的分离度指数减少 45.86%; 流域耕地、建设地重心向东北方向迁移, 而未利用地、林地、重心向南东、南西方向迁移; 人文因素是流域景观格局变化的直接驱动力, 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。

关键词: 典型岩溶流域; 云南小江流域; GIS; 景观动态变化; 人文驱动力

Dynamic change analysis of landscape pattern in a typical karst watershed: A case study of Xiaojiang watershed of Yunnan Province, China

JIANG Yong-Jun¹, YUAN Dao-Xian^{1,3}, KUANG Ming-Sheng¹, WANG Jian-Li¹, ZHANG Gui², HE Rao-Sheng², ZHANG Cheng³

(1. College of Resources and Environment Science, Southwest China Normal University, Chongqing 400715, China; 2. Institute of Geology Investigation in Yunnan province, Kunming 650041, China; 3. Institute of Karst Geology, CAGS, Karst Dynamics Laboratory, M L R Guilin 541004, China) *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(12): 2927~2931.

Abstract: The landscape maps of Xiaojiang karst watershed, Yunnan province in 1982 and 2003 were obtained by interpreting aerial photo in 1982 and Landsat TM image in 2003. Supported by GIS, and through analyzing the landscape maps, the landscape pattern change maps from 1982 to 2003 were achieved. The dynamic change in spatial pattern of landscape and the driving force of landscape change during the past two decades in Xiaojiang watershed were analyzed. The results indicate: (1) The total landscape transformed area covers 610.12 km², of which cultivated land increased by 268.5 km² or 132.27%, but unused land decreased by 280.5 km² or 54.36% during the past 20 years. (2) The change of landscapes was very rapid in the past 20 years. The overall landscape change percentage was 2.95% in Xiaojiang watershed. Especially, the landscape change percentage for orchard and cultivated land were 34.09% and 10.55% respectively. (3) The amounts of landscape patches increased from 1014 to 1889, but the average area per patch decreased from 1.02 km² to 0.55 km². The spatial pattern of landscape patches has changed from dominant large and scatter patches mosaic to dominant medium and scatter patches mosaic, and the types of dominating patch have also been changed from unused land and forestland to cultivated land and forest land. (4) When the spatial pattern of landscape was analyzed quantitatively by introducing the diversity index and broken index, a

基金项目: 国家国土资源部资助项目(200310400024); 西南师范大学自然地理博士点建设费资助项目

收稿日期: 2004-03-19; **修订日期:** 2004-10-19

作者简介: 蒋勇军(1968~), 男, 湖南益阳人, 博士生, 主要从事 GIS 应用研究。E-mail: jiangyj@hotmail.com, jiangyj@swnu.edu.cn

致谢: 云南地质调查院的周翠琼、彭淑惠、侯丽在地图数字化以及吕爱华、吴艳萍女士和王劲、李继红、钱润先、陈定宁、杨颖兵先生在野外调查、室内资料整理方面提供了大量的帮助, 在此深表谢忱!

Foundation item: Southwest type regional karst groundwater investigation and geology environment treatment demonstration project of M L R (No. 200310400024) and the construction foundation of the Doctor program of physical geography of South west China Normal University

Received date: 2004-03-19; **Accepted date:** 2004-10-19

Biography: JIANG Yong-Jun, Ph. D. candidate, mainly engaged in application of GIS.

clear picture of the interference degree caused by human activities can be achieved. As the increasing of disturbances from human, the diversity index increased by 4.14%; and the broken index increased by 84.6%. Also, the isolation of unused land landscape and forestland landscape increased by 114.58% and 69.64% respectively, but the isolation of cultivated land landscape decreased by 45.86%. By analyzing the shifting in the centers of unused land, forestland, or cultivated land, the change of landscape spatial pattern was very obvious during the past 20 years in Xiaojiang karst watershed. Centers of different landscape type have changed towards different direction in different speed. The distance in the shift of unused land landscape center was farthest, which is 2.08km from northwest to southeast, and the distance in the center shift of forestland landscape was 1.338km from northeast to southwest; but the distance in the shift of cultivated land landscape center was only 0.222km from southwest to northeast. Finally, through quantitative analysis by introducing social and economic data, it was clarified that the rapid growth of population and the economic development were the main driving forces of cultivated land landscape change, and that the comparative economic benefit and the macro-policies such as ecological and environmental protection were important driving forces of forestland landscape change in Xiaojiang watershed during the past 20 years. So the human driving forces were direct factor of landscape pattern change in the studied.

Key words: typical Karst watershed; Xiaojiang watershed; GIS; landscape dynamic change; human driving forces

文章编号:1000-0933(2004)12-2927-05 中图分类号:Q143.P209 文献标识码:A

景观生态学研究不同生态系统组成的景观的空间结构、相互作用、功能和动态变化,研究景观和区域尺度的资源、环境经营管理,以及人类活动对景观及其组分的影响等问题^[1,2]。景观空间格局是指大小和形状不一的景观斑块在空间上的排列,它是景观异质性的重要表现,又是各种自然与人为因素在不同时空尺度上作用的结果,是景观生态学研究的核心之一^[3]。随着流域生态学的发展^[4],流域景观格局(包括景观格局的空间异质性和时间异质性)及其景观格局演变驱动机制研究成为流域生态学研究的热点问题。

近年来,西南岩溶地区随着人口急剧增加,对自然资源过度的开发和破坏,从而引起了一系列生态环境问题,主要表现为区域土地石漠化程度加剧、地下水位下降甚至干枯、水质污染、土壤退化和肥力耗竭、环境污染加剧以及生物多样性减少等^[5],并导致景观格局的演变。因此,典型岩溶流域景观格局变化及其驱动机制的研究对西南岩溶地区的资源管理、生态环境保护 and 可持续发展有重要意义。

1 研究区概况

小江流域位于云南省东南部(图 1),东经 103°32′~104°00′,北纬 24°12′~24°45′,面积 1034km²,主要位于泸西县境内,东北部小部分属于师宗县,西南部小部分属于弥勒县;气候为亚热带高原季风气候,干、湿季分明;地貌类型由山间盆地和盆周山地组成,地势东部高中间低,相对高差 1638m;小江是境内唯一的河流,经南盘江注入珠江;地带性土壤为红壤,占总面积的 46.6%;流域广泛出露三叠纪、二叠纪石灰岩地层,石灰岩面积占全流域面积的 65%,为一典型的岩溶流域。

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源及处理

研究选用的遥感数据为小江流域 1982 年 1 月的 1:35000 航片 25 幅、2003 年 9 月 TM 影像。1982 年数据是由云南省测绘局通过航片转绘和野外详细调查完成 1:50000 的土地利用现状图,根据《全国土地利用现状调查技术规程》^[6]规定的土地利用分类系统,在 MapGIS 软件中完成地图的数字化并建立空间数据的拓扑关系,获得小江流域 1982 年景观类型的空间与属性数据;2003 年的 TM 影像是利用 ERDAS IMAGE 图像处理软件和 1:50000 地形图并通过野外的详细调查进行遥感影像机助解译,根据《全国土地利用现状调查技术规程》^[6]规定的土地利用分类系统,在 ArcGIS 软件中建立空间数据的拓扑关系,获得小江流域 2003 年景观类型的空间与属性数据。考虑到数据的可操作性,将小江流域景观分为耕地、林地、园地、建设地、水域和未利用地 6 个类型;最后转换成统一的坐标系统和投影系统。

其它数据来源于 1:50000 地形图(10m 等高距)、小江流域 1982~2003 年统计年鉴、土地志、农业志及实地调查。

2.2 研究方法

利用遥感解译的流域两期景观类型矢量图,通过 GIS 的空间叠加分析,得到流域 20 年来景观要素的转移矩阵^[7]和景观格局变化图;通过对景观斑块的分析,并利用单一景观变化动态度^[8]、综合景观变化动态度^[6]、多样性指数、破碎度指数、分离度指数^[9~11]以及重心转移模型^[12]对流域景观的空间格局及动态变化进行定量分析(具体计算公式略);在此基础上,结合流域社会、经济发展,在 SPSS 软件支持下,分析流域景观格局演变的驱动机制。

3 岩溶流域景观时空动态变化

3.1 流域景观类型变化

3.1.1 流域景观类型格局的变化 在 GIS 支持下,对两期流域景观类型图进行矢量叠加分析,得到流域 20a 来的景观格局变化图(图 2)和景观要素转移矩阵(表 1)。

表 1 小江流域 1982~2003 年景观要素转移矩阵(%)

项目 Item		1982						百分率(%) percent
		耕地	林地	园地	建设地	水域	未利用地	
		Cultivated land	Forestland	Fruit land	Construction	Waterbody	unused land	
2003	耕地 Cultivated land	60.64	18.32	0.22	2.77	0.84	17.21	19.63
	林地 Forestland	46.64	39.83	0.14	1.04	0.57	11.78	27.84
	园地 Fruit land	54.55	0	0	0	0	45.45	0.02
	建设地 Construction	0	0	0	100	0	0	1.89
	水域 Waterbody	54.07	15.45	1.76	1.08	14.23	13.41	0.72
	未利用地 unused land	40.7	25.39	0.1	1.03	0.7	32.08	49.9
	百分率 percent	45.6	27.47	0.15	3.24	0.77	22.77	100

从景观要素转移矩阵表中可知,1982 年,小江流域景观的主要类型为未利用地、林地和耕地,分别占景观总面积的 49.94%、27.84%和 19.63%,2003 年流域景观的主要类型为耕地、林地和未利用地,分别占景观总面积的 45.6%、27.47%和 22.77%。因此,1982~2003 年,流域景观类型由以未利用地和林地为主的格局转变为耕地和林地为主的格局。

3.1.2 流域景观变化的核心类型 由景观要素转移矩阵可知,流域 20a 来景观变化的总面积为 610.12km²,占流域景观总面积的 59%;同时,流域景观类型的变化主要是未利用地向耕地和林地的转化,转化面积为 341 km²,占流域景观变化面积的 55.89%;其次是林地向耕地的转化,转化面积 134.29 km²,占流域景观变化总面积的 22.01%。根据景观类型变化面积的大小,依次为未利用地转化为耕地、林地转化为耕地、未利用地转化为林地、耕地转化为林地、耕地转化为未利用地、林地转化为未利用地等,这 6 种景观类型变化面积占流域景观变化总面积的 95.29%。

3.2 流域景观变化动态度

景观的动态变化可用景观变化的幅度、速度来表征,景观动态变化度可定量描述景观变化的速度,景观变化度可用单一景观变化动态度和综合景观变化动态度来描述。

3.2.1 单一景观变化动态度 单一景观变化动态度定量地表征一定时间内区域某种景观类型的年变化率。根据公式计算出流域各种景观类型的变化动态度,依次为:园地(34.09%)>耕地(10.55%)>水域(9.00%)>林地(5.95%)>未利用地(4.08%)>建设用地(3.59%)。

3.2.2 综合景观变化动态度 综合景观变化动态度表征一定时间内区域景观整体变化的速度,根据公式计算出流域景观的年变化率,结果表明流域整体景观变化幅度大且速度很快,1982~2003 年间流域综合景观变化动态度为 2.95%。

3.3 流域景观空间格局的变化

3.3.1 景观斑块的变化

(1)斑块数量与斑块面积的变化 利用两期景观类型矢量图,在 GIS 技术支持下,通过空间统计分析,可以获得不同时段景观斑块数量和斑块面积(见表 2)。结果表明 20a 来,流域景观斑块数由 1014 个增加到 1889 个,增加 86.3%,斑块平均面积由 1.02 km²/个减少到 0.55km²/个,减少 46.1%;斑块数增加最多的是建设用地,增加 331 个,耕地增加 229 个,林地增加 179 个,水域增加 143 个,园地增加 1 个,而未利用地斑块则减少 8 个;平均斑块面积园地增加最大,平均斑块面积增加了 0.302km²/个,增幅达 413.7%,其次是耕地增加了 0.241km²/个,增幅为 46.44%,其余景观斑块面积则有不同程度的减少,林地平均斑块面积减少了 1.861 km²/个,减少幅度达 64.64%,未利用土地的平均斑块面积减少了 1.154km²/个,减少幅度达 52.77%,水域平均斑块面积减少了 0.226 km²/个,减少幅度达 82.78%,建设用地平均斑块面积减少了 0.019 km²/个,减少幅度达 25%。

(2)流域景观斑块构型的变化 1982 年流域景观斑块面积大于 1 km² 的大型斑块为 552 个,占斑块总数的 54.5%,流域景观空间格局的基本构型以大斑块为主体,中、小型斑块镶嵌其中,而 2003 年景观斑块面积大于 0.5 km² 小于 1 km² 的中型斑块为 1025 个,占斑块总数的 54.2%,流域景观空间格局构型则为以中型斑块为主体,小型、大型斑块镶嵌其中;1982 年构成景观主体的是大型的未利用地斑块和林地斑块,其它斑块镶嵌其中;2003 年构成景观主体的是耕地斑块和林地斑块,其它斑块镶嵌其中,而且镶嵌斑块的数量明显增多。反映了流域盆地和盆周山地的自然条件和人类活动对景观空间格局的影响。

3.3.2 多样性指数的变化 根据公式计算得到流域不同时期多样性指数,1982 年和 2003 年分别为 1.159、1.207,20a 来流域景观多样性指数增加了 4.14%。

3.3.3 破碎度指数的变化 根据公式计算得到流域不同时期破碎度指数,1982 年和 2003 年分别为 0.981、1.827,20 年来流域景观破碎度指数增大了 84.6%。这表明,随着人口的增加,人类活动不断加强,对景观干扰强度的增大,造成流域景观破碎度指

数的急剧增大。

表 2 1982~2003 年小江流域景观空间格局变化表
Table 2 The change of spatial pattern of landscape in Xiaojiang in 1982 and 2003

		耕地	林地	园地	建设地	水域	未利用地
		Cultivated land	Forestland	Fruit land	Construction	Waterbody	unused land
斑块数 Patches	1982	391	100	3	257	27	236
	(%)	38.56	9.86	0.3	25.35	2.66	23.27
	2003	620	279	4	588	170	228
	(%)	32.82	14.77	0.21	31.13	9	12.07
	变化数量 Change quantity	+229	+179	+1	+331	+143	-8
斑块平均面积 (km ²)Average area of patches	1982	0.519	2.879	0.073	0.076	0.273	2.187
	2003	0.76	1.018	0.375	0.057	0.047	1.033
	变化率(%)Change percent	+46.44	-64.64	+413.7	-25	-82.78	-52.77
	分离度	1.57	0.56	126.58	13.12	36.39	0.48
	Isolation	2003	0.85	0.95	21.44	11.69	26.2
		变化率(%)Change percent	-45.86	+69.64	-83.06	+10.90	-28.00
							+114.58

3.3.4 分离度指数的变化 分离度指数分析结果为(详见表 2):1982 年流域景观要素的分离度指数从大到小依次为园地>水域>建设地>耕地>林地>未利用地;2003 年流域景观要素的分离度指数从大到小依次为水域>园地>建设用地>未利用地>林地>耕地;从变化幅度来看,未利用地景观的分离度指数变化最大,增加了 114.58%,林地景观的分离度指数增加了 69.64%,而耕地的分离度指数减少了 45.86%。表明 1982 年时,流域人口较少,对流域资源的开发力度不大,流域生态环境较好,未利用地和林地分布集中,并且斑块面积较大;随着人口的增加,对流域土地资源开发力度的加大,耕地急剧增加而未利用地和林地急剧减少,造成耕地平均斑块面积增大且集中连片分布,分离度指数变小,而未利用地和林地平均斑块面积变小,分布分散,分离度指数增大。

3.3.5 重心转移 景观重心转移计算结果表明:流域耕地景观重心向东北方向偏移 0.222km,建设地重心向东北方向偏移 0.436km,而林地重心向南偏西方向偏移 1.338 km,未利用地重心向南偏东方向偏移 2.08 km,园地重心向北偏移 4.76 km,水域重心向东南方向偏移 0.782 km。说明 20a 来,流域由于人口急剧增加,对流域东、东北部的未利用地的大量开垦以及对东部的林地大量砍伐,以换得耕地和建设地的扩大。因此,在空间上反映为流域耕地和建设地重心都向东北方向偏移,而林地和未利用地的重心则向南西方向和南东方向偏移。

4 流域景观变化的驱动机制分析

景观格局演变的驱动力包括自然驱动力和人文驱动力。自然驱动力包括气候、地形、地质、土壤等因子;人文驱动力包括人口变化、技术进步、政治经济体制的变革、文化价值观念改变等因子。在较小的时空尺度下,比较稳定的自然因子对景观格局变化起到约束作用,而经常变化的人文驱动因子则是景观格局变化的直接驱动力。

根据对流域景观格局变化的分析,耕地、未利用地和林地景观的变化是流域景观变化的核心;并且主要是由未利用地向耕地和林地的转化以及林地向耕地的转化。因此,耕地、林地景观变化机制的分析是流域景观变化机制分析的切入点。

4.1 流域耕地景观变化的驱动机制

4.1.1 流域人口增长对耕地景观变化的驱动 1982~2003 年,研究区人口由 17.3 万人急剧增加到 22.7 万人,人口增加致使流域人地矛盾更加突出。对流域 20a 的耕地变化数据和人口变化数据在 SPSS 软件中进行曲线拟合,得到以下二次曲线方程式:

$$y=1034.12-130.07x+4.7328x^2 \quad R^2=0.988$$

式中,y 是历年耕地面积,x 是历年人口总数。

说明在自然环境较差、生产技术水平相对落后的情况下,流域急剧增长的人口及相应增加的粮食需求造成对耕地的需求不断扩大,从而导致流域未利用地的急剧减少,同时大量毁林开荒,以换取耕地的增加。因此,人口的增长是流域 20 年来耕地剧增,进而引起未利用地、林地等系列景观变化的根本原因。

4.1.2 流域社会经济发展对耕地景观变化的驱动 2003 年流域人均国内生产总值是 1471 元,远远低于同期全国和云南省的人均国内生产总值的平均水平,属于典型的经济贫困区;同时从经济结构来看,2003 年流域国内生产总值 3.34 亿元,而农业的产值达 2.27 亿元,占总产值的 67.96%,属于典型的农业区。

对流域 20a 来耕地和国内生产总值、农业生产总值在 SPSS 软件中进行相关分析,耕地与国内生产总值、农业生产总值在 0.01 的显著水平上的相关系数为 0.782、0.855。表明流域经济活动主要与耕地密切相关,耕地是维系当地人民生存的重要经济来源,以扩大耕地面积为主的生存型经济^[13]是流域经济发展的主要形式,这种生存型经济发展是导致流域耕地景观变化,进而引起其它景观变化的主要原因。

4.2 流域林地景观变化的驱动机制

对流域 20a 来林地景观的统计分析表明,流域林地景观在 20 世纪 80 年代急剧减少,20 世纪 90 年代中期以后又有所增加,其转变方向主要是向耕地转化,但同时又有大量的未利用地转为林地。因此,尽管林地景观的数量在研究时段内总量变化不大,但其变化动态度达 5.95%。20 世纪 80 年代中期,粮食价格受国家政策保护和烟草业在云南大力发展,使得开荒种地的经济效益比较好,导致流域林地的减少,耕地增加;然而经过长期的过度开垦,脆弱的生态环境进一步恶化,流域水土流失、土地石漠化等现象十分严重,又由于地处于珠江上游,对整个珠江流域的生态环境带来严重的影响。因此,20 世纪 90 年代后受到国家及云南省政府的高度关注,特别是“珠防工程”的实施,流域的退耕还林、还草等生态保护措施得到加强,导致未利用地、耕地向林地的转变,森林覆盖率达到 27.47%,流域生态环境逐渐恢复。因此,流域林地景观的变化同时受到比较经济利益和理智的生态环境保护政策的驱动。

综上所述,人口增长、社会经济发展以及理智的生态环境保护政策是小江岩溶流域景观格局演变的主要驱动力。

5 结论

(1)1982~2003 年,小江流域 610.12km² 的景观发生了变化,占全流域景观面积的 59%;景观类型的变化主要表现为未利用地向耕地和林地的转化以及林地向耕地的转化,三者变化面积为 475.29km²,占全流域景观变化面积的 77.9%。(2)流域景观动态变化十分迅速,综合景观变化动态度达 2.95%,单一景观变化动态度以园地和耕地景观最快,分别为 34.09%和 10.55%。(3)流域景观空间格局发生很大变化,景观斑块数量增加 86.3%,平均斑块面积减少 46.1%;流域景观空间格局的基本构型以大斑块为主体,中、小型斑块镶嵌其中转变为以中等斑块为主体,大、小型斑块镶嵌其中的构型;破碎度指数增大了 84.6%,多样性指数增加了 4.14%;未利用地、林地的分离度指数分别增加了 114.58%和 69.64%,而耕地的分离度指数减少 45.86%;耕地、建设用地的重心向东北方向偏移,而未利用地、林地的重心向南东、和南西方向偏移。(4)人文因素是流域景观格局变化的直接驱动力,流域人口剧增造成的消费需求以及社会经济的发展是流域耕地景观变化,进而导致流域系列景观变化的根本原因;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。

References:

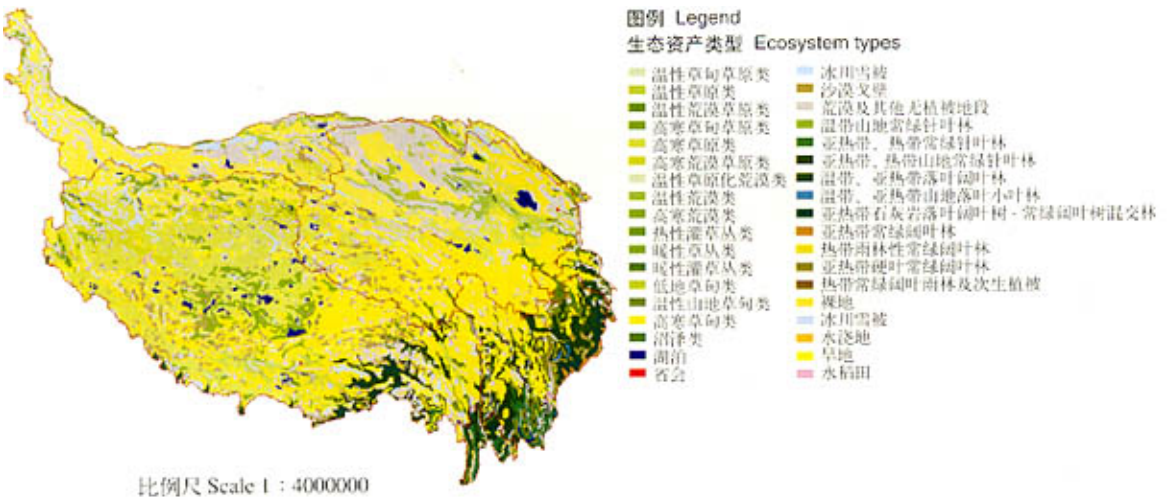
- [1] Chen L D, Fu B J. Analysis of impact of human activity on landscape structure in Yellow River delta——A case study of Dongying region. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, **16**(4):337~344.
- [2] Xiao D N, Li X Z. The development and perspective of contemporary landscape ecology. *Scientia Geographica Sinica*, 1997, **17**(4):356~363.
- [3] Turner M G and Gadner R H. *Quantitative method in landscape ecology*. New York: Springer Verlag, 1991.
- [4] Shang Z B, Gao Q. Watershed ecology——A new research area of ecology. *Acta Ecologica Sinica*. 2001, **21**(3):468~473.
- [5] Yuan D X. The environmental geology problem of karst rock mountain in southwest China. *Exploration of Nature*. 1996, **15**(4):21~23.
- [6] Liu J Y. *The macro investigation and dynamic research of the resources and environment*. Beijing: China Science and Technology Press, 1996. 158~188.
- [7] Jenson J Q, Cowen D. *Principles of change Detection Using Digital Remote Sensor Data*. Integration of GIS and Remote Sensing. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 1~25.
- [8] Liu S H, He S J. A spatial analysis model for measuring the rate of land use change. *Journal of natural resources*, 2002, **17**(5): 533~5410.
- [9] Chen L D, Fu B J, Wang J. Study on land use change in a small typical catchment in Loess Hilly area——a case study in Danangou catchment, Yan'an, Shanxi Province. *Scientia Geographica Sinica*, 2001, **21**(1): 46~51.
- [10] Li F, Sun S H. A preliminary research of landscape ecology application in desertification monitoring and assessment——a case study. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(3):482~490.
- [11] Wang X L, Xiao D N, Bu R C, et al. Analysis on landscape patterns of Liaohe delta wetland. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, **17**(3):317~323.
- [12] Wang X L, Bao Y H. Study on the methods of land use dynamic change research. *Progress in Geography*, 1999, **18**(1):81~187.
- [13] Li P, Li X B, Liu X J. Macro-analysis on the driving forces of the land use change in China. *Geographical Research*, 2001, **20**(2): 129~138.

参考文献:

- [1] 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. *生态学报*, 1996, **16**(4):337~344.
- [2] 肖笃宁,李秀珍. 当代景观生态学的进展和展望. *地理科学*, 1997, **17**(4):356~363.
- [4] 尚宗波,高琼. 流域生态学——生态学研究的一个新领域. *生态学报*, 2001, **21**(3):468~473.
- [5] 袁道先. 我国西南岩溶石山的环境地质问题. *大自然探索*, 1996, **15**(4):21~23.
- [6] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究. 北京:中国科学技术出版社, 1996. 158~188.
- [8] 刘盛和,何书金. 土地利用动态变化的空间分析测算模型. *自然资源学报*, 2002, **17**(5): 533~5410.
- [9] 陈利顶,傅伯杰,王军. 黄土丘陵区典型小流域土地利用变化研究——以陕西延安市大南沟流域为例. *地理科学*, 2001, **21**(1): 46~51.
- [10] 景观生态学在荒漠化监测与评价中应用的初步研究——以青海沙珠玉地区为例. *生态学报*, 2001, **21**(3):482~490.
- [11] 王宪礼,肖笃宁,布仁仓,等. 辽河三角洲湿地的景观格局分析. *生态学报*, 1997, **17**(3):317~323.
- [12] 王秀兰,包玉海. 景观动态变化研究方法探讨. *地理科学进展*, 1999, **18**(1):81~187.
- [13] 李平,李秀彬,刘学军. 我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析. *地理研究*, 2001, **20**(2): 129~138.

鲁春霞 等：青藏高原生态系统服务功能的价值评估

LU Chun-Xia,*et al* : Ecosystem diversity and economic valuation of Qinghai - Tibet Plateau

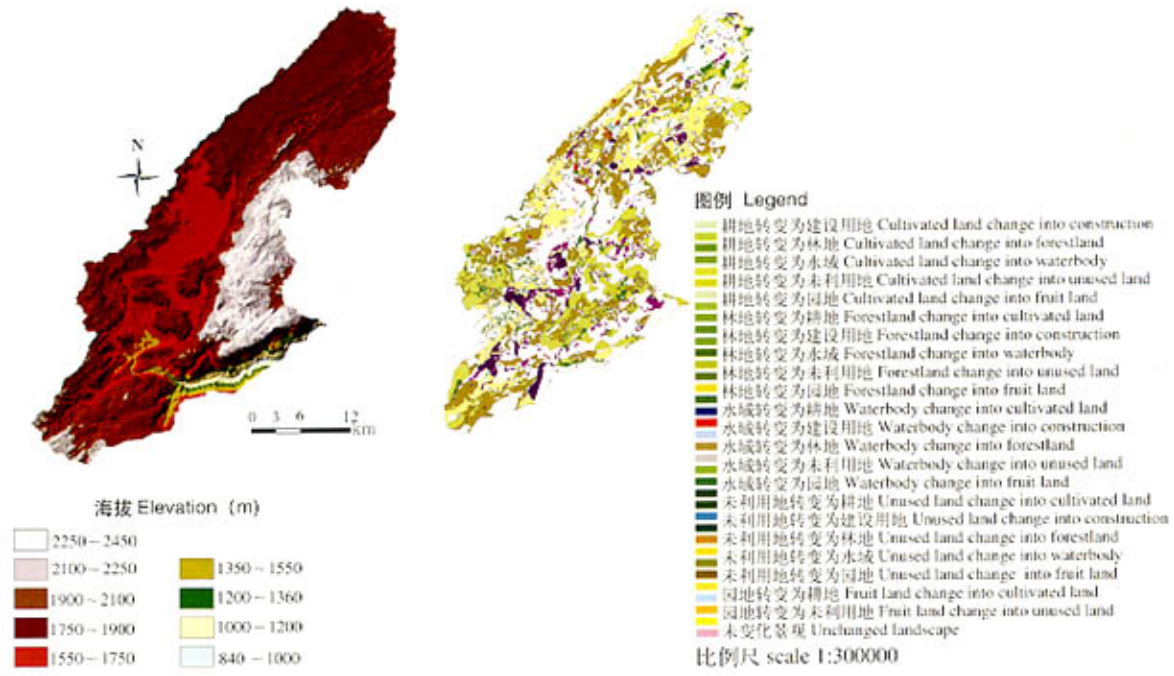


图版 I 青藏高原主要生态系统类型分布图(图例英译见文内表 1)

Plate I Ecosystem types of Qinghai - Tibet Plateau(See table 1)

蒋勇军 等：典型岩溶流域景观格局动态变化——以云南小江流域为例

JIANG Yong-Jun,*et al* : Dynamic change analysis of landscape pattern in a typical Karst watershed :A case study of Xiaojiang watershed of Yunnan Province ,China



图版 I 小江流域位置图

Plate I Location of Xiaojiang watershed

图版 II 小江流域 1982~2003 年景观格局变化图

Plate II The landscape pattern change from 1982 to 2003 in Xiaojiang watershed of Yunnan Province