

基于 3S 技术的三峡库区不同坡度带与 坡向带的景观格局研究^{*}

——以巫溪县为例

仙巍¹ 邵怀勇² 周万村³

(1. 成都信息工程学院环境工程系 成都 610225; 2. 成都理工大学 成都 610059;
3. 中国科学院·水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

摘要 在 3S 技术支持下,采用景观面积比、分维数、多样性指数、斑块密度等景观格局指数及土地利用/覆盖综合动态变化度,分析了三峡库区巫溪县不同坡度带及坡向带的景观格局现状及变化。结果表明,不同景观类型在同一坡度带及坡向带的景观格局状况不同,同一景观类型在不同坡度带及坡向带亦不同。坡度与坡向对巫溪县景观格局状况及变化存在重要影响,且该影响陡坡比缓坡变化强烈,阴坡比阳坡变化强烈。

关键词 3S 技术 坡度带 坡向带 景观格局 三峡库区

Research on the landscape pattern of slopes with different gradients and directions in the area of Three Gorges Area based on 3S—A case study from Wuxi County. XIAN Wei¹, SHAO Huai-Yong², ZHOU Wan-Cun³ (1. Department of Environmental Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 3. Chengdu Institute of Mountain Disaster and Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Chengdu 610041, China), *CJEA*, 2007, 15(1): 140~144

Abstract Supported by GIS, the actuality and changes of landscape patterns of slopes with different grades and directions in Wuxi County, which is located in Three Gorges Area, were analyzed by using landscape pattern indexes including the proportion of area to the landscape, fractal dimension of patches, landscape diversity index, patch density, and by using the indexes of land use dynamic. It is concluded that the landscape patterns of various landscape types are different in the slopes with the same gradient and direction. The same landscape pattern changes with the variations of slope gradient and direction. Slope gradient and slope direction have important impacts on the actuality and changes of landscape pattern in Wuxi County. The impacts of the steep slope are more intense than that of the slow slope, and shining slope is more intense than shading slope.

Key words 3S technology, Slope grade, Slope direction, Landscape pattern, Three Gorges Area

(Received March 8, 2005; revised July 21, 2005)

坡度和坡向是土地资源固有的环境因子之一,对土地利用和土地承载力有直接作用。在山区,坡度对土地利用方向和利用方式起决定性作用,从而对社会、经济及生态环境都会产生影响^[1]。景观格局的形成是在一定地域内各种自然环境条件与社会因素共同作用的产物,景观斑块的形状、面积、数量和空间组合与景观中的物种分布、水土流失等生态过程密切相关^[9]。研究景观格局的特征可了解其形成原因与作用机制,为人类定向影响生态环境并使之向良性方向演化提供依据^[2]。遥感和 GIS 是进行景观格局研究的先进技术手段^[3]。

三峡库区地处山区,山多坝少,库区人口严重超载,且农业人口比重很高,土地资源十分有限。由于耕地淹没损失、经济建设、移民安置用地和人口的增长,到 2020 年,库区近 2/3 的县(区)人均耕地将不足 0.03hm²^[4]。同时,三峡库区又是退耕还林的重要试点区域,人地关系更为紧张。本文以巫溪县为例,选择三峡库区进行景观格局研究,从坡度及坡向等方面揭示各景观组分的发展状况,对库区生态恢复和自然资源的合理利用提供依据。

^{*} 中国科学院知识创新方向性项目“长江上游地表覆被变化及信息系统”(KZCXZ-SW-319)、科技部国际合作重点项目“中国西部开发的生态研究综合评价”(2001DFDF0004)和成都信息工程学院科研基金项目(CRF200522)资助

收稿日期:2005-03-08 改回日期:2005-07-21

1 研究区域概况与研究方法

三峡库区位于北纬 $29^{\circ}16' \sim 31^{\circ}25'$, 东经 $106^{\circ}50' \sim 110^{\circ}51'$, 即长江上游下段, 新三峡大坝于三斗坪建起后, 受回水影响的水库淹没区和移民安置所涉及的 20 个县市区成为三峡库区, 总面积约 6.3 万 km^2 。库区属亚热带湿润季风气候, 农耕区原生植被少且不完整, 多为人工植被, 林木区虽然原生植被较多, 也因近些年过量采伐而种类和面积迅速减少。巫溪县位于重庆市东部边缘的渝、陕、鄂 3 省交界处, 面积为 4022 km^2 , 是长江三峡库区的腹地地带和三峡水库重点淹没区之一。全县以山地为主, 占总面积的 90.8% , 丘陵和平坝面积仅占 1.8% 和 2% , 属典型的中深切割中山地貌。巫溪县自然条件复杂, 地势崎岖, 耕地匮乏且质量低, 自然灾害频繁, 生态环境十分脆弱。选择巫溪县作为三峡库区的实验区, 代表性强。

坡度、坡向分级依据和划分^[1,5]。坡度的分级建立在坡度与农、林、牧、副、渔五业生产的关系基础上, 以既能体现三峡库区区域地形特征, 又能符合经济规律和自然规律为依据。动力、重力学原理和库区五业生产实践显示: $0^{\circ} \sim 7^{\circ}$ 平缓地, 水土流失微弱, 是农业生产最理想的坡度条件; $7^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 缓坡地, 侵蚀和水土流失加重但并不强烈, 是农作的较好地区; $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 斜坡地, 侵蚀和块体运动较剧烈, 水土流失较严重, 勉强农作, 是农耕地的上限区, 种植业效益一般; $> 25^{\circ}$ 的陡坡地, 随着坡度的加大, 雨水冲刷和块体运动加剧, 侵蚀强烈, 水土流失严重, 不宜垦种, 是发展林业、副业的地区。坡向分为阳坡和阴坡, 阳坡包括南、东南、西、东各向及平地, 阴坡包括北、东北、西北各向。

研究所用数据包括巫溪县 1985 年和 2000 年的 TM 图像、1:25 万地形图数字数据以及各种专题图等。在 ARC/INFO 下, 从地形图数字数据中提取等高线, 获取坡度、坡向信息。其步骤为: 用 ARCTIN 命令生成 TIN; 用 TINLATTICE 命令将 TIN 转换成 $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ 的 GRID 数据; 用 LATTICEPOLY 命令将 GRID 数据转换成不同坡度带和坡向带的 coverage。坡度图中坡度分为 $0^{\circ} \sim 7^{\circ}$ 、 $7^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 、 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 及 $> 25^{\circ}$ 4 个等级, 坡向图中坡向分为阳坡和阴坡两个等级。各坡度带和坡向带土地利用数据的获取步骤为: 对 TM 图像进行目视判读, 在 MGE 下数字化得到 DGN 数据; 在 ARC/INFO 下用 DXFARC 命令将 DGN 数据转换成 coverage, 并建立拓扑关系, 生成 1:10 万土地利用图。将坡度带、坡向带 coverage 分别和土地利用 coverage 配准到同一空间坐标系下, 在 ARC/INFO 下用 UNION 命令, 提取不同坡度带和坡向带的土地利用信息。

景观格局指数计算^[6,7]。根据研究区的景观特征, 选用下列景观格局指数研究该区 2000 年不同坡度带和坡向带的景观格局。

景观面积比: 根据景观面积比可得到各景观要素在不同坡度带的分布状况。计算公式为:

$$L_i = (S_i / S) \times 100\% \quad (1)$$

式中, L_i 表示景观 i 在某坡度带的面积比, S_i 表示景观 i 在某坡度带的面积, S 表示某坡度带的景观总面积。

分维数: 其大小代表了该景观要素镶嵌结构的复杂性。分维值介于 1 和 2 之间, 其值越大, 则表示景观形状越复杂, 其计算公式为:

$$\ln A(r) = (2/D) \ln N(r) + C \quad (2)$$

式中, $A(r)$ 代表以 r 为量测尺度的斑块面积, $N(r)$ 为斑块周长, C 为常数, 分维数 D 为斜率除 2。

斑块密度:

$$PD = N/A \quad (3)$$

式中, A 是某景观类型斑块面积, N 为某景观类型斑块数。

土地利用/覆盖综合动态度是指某一区域一定时段内各种土地利用类型相互变化的剧烈程度, 其计算公式为^[8]:

$$C = \frac{\sum_i^n |U_{ia} - U_{ib}|}{S \times T} \times 100\% \quad (4)$$

式中, C 表示某一区域的土地利用/覆盖综合动态变化度, i 为区域内土地利用/覆盖类型数, S 为区域的总面积, T 为时间长度, U_{ia} 和 U_{ib} 为研究区内第 i 种土地利用类型的初期和末期的面积。

2 结果与分析

2.1 坡度分析

各坡度带分析。受各种自然和社会因素的影响, 各种景观要素在不同坡度带的景观格局指数不同(表 1)。

表 1 各坡度带不同景观要素的景观格局指标及结果*

Tab.1 Landscape pattern indexes and their value of various landscape elements with different slope gradients

坡度/(°)	各坡度带 面积比/%	景观类型 Landscape elements	面积比/% Proportion of area	分维值 Fractal dimension	斑块密度/块·km ⁻² Patch density	坡度/(°)	各坡度带 面积比/%	景观类型 Landscape elements	面积比/% Proportion of area	分维值 Fractal dimension	斑块密度/块·km ⁻² Patch density
0°~7°	13.48	森 林	7.23	1.136	0.295	15°~25°	25.39	森 林	12.24	1.174	0.278
		灌 木 林	28.16	1.176	0.247			灌 木 林	37.88	1.172	0.321
		疏 林 地	4.45	1.123	0.281			疏 林 地	5.38	1.166	0.307
		草 地	23.72	1.186	0.202			草 地	14.39	1.180	0.266
		建设用地	0.34	1.038	0.129			建设用地	0.05	1.020	0.888
		水 体	0.55	1.169	0.293			水 体	0.19	1.055	0.877
		耕 地	35.54	1.171	0.200			耕 地	29.88	1.169	0.350
		裸 岩	0.01	—	0.305			裸 岩	0.01	—	0.508
		总 计	100.00	1.168	0.208			总 计	100.00	1.170	0.317
7°~15°	14.00	森 林	10.57	1.114	0.472	>25°	47.12	森 林	15.99	1.211	0.040
		灌 木 林	31.65	1.110	0.530			灌 木 林	50.07	1.249	0.042
		疏 林 地	5.58	1.112	0.512			疏 林 地	3.30	1.184	0.113
		草 地	19.95	1.133	0.363			草 地	8.12	1.202	0.120
		建设用地	0.12	1.035	0.619			建设用地	0.05	1.054	0.235
		水 体	0.26	1.004	1.140			水 体	0.25	1.276	0.165
		耕 地	31.85	1.126	0.497			耕 地	22.22	1.214	0.146
		裸 岩	0.02	—	0.371			裸 岩	0.00	—	0.284
		总 计	100	1.118	0.481			总 计	100	1.223	0.074

* 表中一表示景观要素的面积太小或斑块个数太少无法计算,下同。

0°~7°坡度带。该坡度带总面积占全县总面积的 13.48%。面积比由大到小依次为耕地>灌木林>草地>森林>疏林地>水体>建设用地>裸岩,该坡度带平缓,适宜耕作,因而耕地面积所占比例较大,因人为干扰,森林所占面积较少。分维数由大到小依次为草地>灌木林>耕地>水体>森林>疏林地>建设用地,分维数越小,景观斑块的形状则越规则。草地受人为干扰破坏较严重,因此其斑块形态最复杂。建设用地位于人类活动的干预下,分维数较小,斑块形状较规则。斑块密度由大到小依次为裸岩>森林>水体>疏林地>灌木林>草地>耕地>建设用地,说明面积比相对小的裸岩、森林、水体等分布较为集中,而耕地、建设用地斑块密度小的原因一方面是由于巫溪县的平地较少,不可能形成很大的居民点,另一方面人口的自然增长、移民的迁入又需要增加居民点的数量,所以居民点的面积不大而斑块数较多。疏林地及灌木林一方面是由于森林被毁而演变为疏林、灌木林,另一方面是人工植树造林形成的集中连片分布,因此其斑块密度也较大。

7°~15°坡度带。该坡度带面积占全县总面积的 14%。面积比由大到小依次为耕地>灌木林>草地>森林>疏林地>水体>建设用地>裸岩。由于该坡度带为缓坡地,较适宜农业耕作,其面积比以耕地和灌木林最大,草地和森林面积比也较大,水体和建设用地仅有零星分布。各景观类型分维数介于 1.004~1.133 之间,整体上分维数较小,形状较规则。斑块密度以水体最大,其余依次为建设用地>灌木林>疏林地>耕地>森林>裸岩>草地。建设用地面积较少,分布也较为集中。灌木林是本带面积较大的景观类型,但斑块密度也较大,由此可见灌木林是大片分布的。

15°~25°坡度带。该坡度带面积占全县总面积的 25.39%。各景观要素面积比由大到小依次为灌木林>耕地>草地>森林>疏林地>水体>建设用地>裸岩。灌木林和耕地的面积比最大,二者面积占该坡度带面积的 67% 左右,水体、建设用地和裸岩仅有零星分布。本坡度带各景观类型的分维数介于 1.020~1.180 之间,景观斑块形状较规则。斑块密度以建设用地最大,其次为水体,其余依次为裸岩>耕地>灌木林>疏林地>森林>草地。该坡度带是农耕地的上限区,其耕地面积仍较大,斑块密度大,说明耕地是集中连片分布的。

>25°坡度带。该坡度带面积占全县总面积比例最大,为 47.12%。面积比以灌木林最大,达 50.07%。

该坡度带不适宜耕种,但耕地面积比仍较大,为 22.22%。森林及草地的面积比也较大,为 15.99% 和 8.12%。本坡度带各景观类型的分维数介于 1.054~1.276 之间,各景观要素的分维数较小且各景观要素之间的分维数差别不大,景观斑块形状较规则。斑块密度各景观类型介于 0.040~0.284 之间,整体斑块密度值小,说明破碎化现象加剧。

各种景观类型随坡度增加的变化趋势分析。本文采用面积比反映各景观类型随坡度增加及坡向变化的变化趋势(图 1)。

森林随坡度的增加,面积比逐渐增大,依次为 7.23%、10.57%、12.24%、15.99%;灌木林分布较广,面积比随坡度的增加而迅速增加,在坡度>25°时达到最大,为 50%,在 0°~7°坡度带上,与草地的面积比相差不大,但少于耕地,在 7°~15°坡度带上与耕地的面积比极为接近,在 15°~25°及>25°坡度带上灌木林均是面积比最大的景观类型;疏林地的面积比不大,在各坡度带上的面积比依次为 4.45%、5.58%、5.38%、3.30%,其变化表现为梯形形状,在 0°~7°及>25°坡度带上面积比最小;草地的面积比随坡度增加而减少,在 0°~7°坡度带上其面积比最大,为 23.72%;水体及裸岩在各坡度带上分布较少,水体在 0°~7°坡度带上面积比最大,为 0.55%;建设用地在各坡度带上面积较小,其面积比随坡度的增加逐渐减少,在 0°~7°坡度带上面积比最大,为 0.34%,在 15°~25°及>25°坡度带上面积比显著减少,耕地的面积比随坡度的增加越来越小,依次为 35.54%、31.85%、29.88%、22.22%。20 世纪 90 年代国务院出台了一系列政策,先后实施了“天然林保护工程”、“坡地改梯地工程”和“长治工程”,做出了>25°的陡坡耕地退耕还林的决定,从而使坡度较陡的地区森林覆盖率有所提高,陡坡耕地面积下降,然而,由于研究区中大量农民对土地的依赖程度非常高,陡坡和极陡坡耕地仍然大量存在,说明退耕还林的方法还有待探索,退耕还林还有待完善。

表 2 各坡向带不同景观要素的景观格局指标及结果

Tab.2 Landscape pattern indexes and their value of various landscape elements in slopes with different directions

坡向	各坡向带	景观类型	面积比/%	分维值	斑块密度/块·km ⁻²
Direction	面积比/%	Landscape elements	Proportion of area	Fractal dimension	Patch density
	Proportion of area				
阳坡	74	森 林	11.85	1.221	0.028
		灌 木 林	41.42	1.276	0.018
		疏 林 地	4.42	1.248	0.040
		草 地	14.61	1.280	0.024
		建设用 地	0.11	1.247	0.121
		水 体	0.28	1.334	0.067
		耕 地	27.30	1.289	0.049
		裸 岩	0.01	—	0.218
		总 计	100.00	1.275	0.030
阴坡	26	森 林	16.63	1.197	0.048
		灌 木 林	41.51	1.222	0.066
		疏 林 地	3.98	1.163	0.129
		草 地	27.32	1.184	0.103
		建设用 地	0.07	1.010	0.283
		水 体	0.26	1.179	0.249
		耕 地	10.22	1.222	0.126
		裸 岩	0.01	—	0.156
		总 计	100.00	1.211	0.087

景观类型间差异较小。斑块密度依次为建设用地>水体>裸岩>疏林地>耕地>草地>灌木林>森林,阴坡建设用地较少,故其斑块密度也较大。各景观类型的斑块密度状况与阴坡的自然条件特征有很大关系。

综合动态度分析。根据 1985 年、2000 年数据计算,得出研究区不同坡度、不同坡向的土地利用综合动

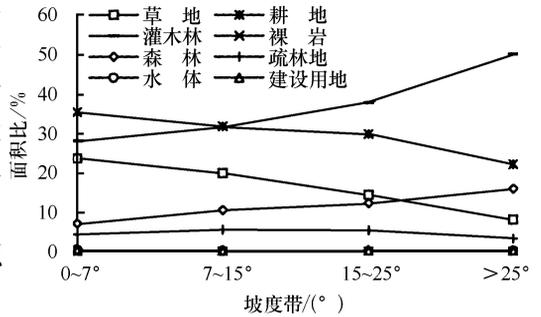


图 1 各景观要素在不同坡度带的面积比

Fig.1 Area ratios of various landscape elements in slopes with different gradient

2.2 坡向分析

阳坡。该坡向带的面积占全县总面积的 74%。面积比依次为灌木林>耕地>草地>森林>疏林地>水体>建设用地>裸岩。灌木林所占比例较大。各景观类型分维数介于 1.221~1.334 之间,差别较小,整体景观斑块形状较规则。斑块密度依次为裸岩>建设用地>水体>耕地>疏林地>森林>草地>灌木林,阳坡适宜居住,因此建设用地一般都较为集中,故斑块密度大。林草地的斑块密度均较小,原因是人们在阳坡大量毁林开荒种植适宜的作物,同时田间种树木,故灌木林地虽然面积较大,但其斑块密度小,分布较零散。

阴坡。该坡向带面积占全县总面积的 26%。面积比依次为灌木林>草地>森林>耕地>疏林地>水体>建设用地>裸岩。灌木林所占比例仍最大。林草地在这一坡向带所占比例较大,耕地及建设用地均减少。分维数以灌木林和耕地最大,建设用地及裸岩最小,但各景观类型分维数不大,且各

态度。其中, $0^{\circ}\sim 7^{\circ}$ 、 $7^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 、 $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 、 $>25^{\circ}$ 等坡度带的综合动态度依次为 0.71、0.48、0.40、0.91; 阳坡及阴坡的综合动态度依次为 0.54 和 0.95。由此可知, 整个研究区土地利用/覆盖综合动态变化表现为阴坡比阳坡剧烈, 阴坡约为阳坡的 2 倍。在各坡度带中, $>25^{\circ}$ 坡度带是变化的最活跃区, 而 $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 坡度带是变化的最不活跃区, 两个坡度带的综合动态度相差 2 倍多。在 $0^{\circ}\sim 7^{\circ}$ 坡度带, 综合动态度也较大, 说明因其坡度平缓, 人类活动在此坡度带较为集中。研究区坡度较小的地区主要分布在低海拔区域, 属三峡库区淹没区, 随着三峡水库的蓄水, 人类活动范围相应向较陡坡度地带转移, 使 $>25^{\circ}$ 坡度带综合动态度较大。同时流域阴坡坡缓地多, 大量移民被安置, 使得阴坡人类活动加剧, 从而导致土地利用/覆盖综合动态度指数增高。

3 小 结

不同景观类型在同一坡度带及坡向带的景观格局状况不同, 25° 坡度以下坡度带及阳坡, 耕地、灌木林、草地是控制整体景观格局的主要景观类型, $>25^{\circ}$ 坡度带及阴坡, 灌木林、耕地、森林是控制整体景观格局的主要类型。同一景观类型在不同坡度带及坡向带不同。随坡度增加, 森林、灌木林面积比逐渐增大, 耕地、草地、建设用地面积比逐渐减小。由动态度分析可知, 坡度与坡向对巫溪县景观格局状况及变化存在着重要影响。这种影响陡坡比缓坡变化强烈, 阴坡比阳坡变化强烈。利用 RS 和 GPS 技术快速提取区域土地利用信息, 运用 GIS 技术把区域划分为不同坡度带及坡向带, 提取不同坡度带及坡向带的土地利用信息进行景观格局的研究是可行的。

参 考 文 献

- 1 周万村. 三峡库区土地自然坡度和高程对经济发展的影响. 长江流域资源与环境, 2001, 10(1): 15~21
- 2 张世榕, 龚国淑, 邓良基, 等. 川西丘陵区景观空间格局分析. 生态学报, 2003, 23(2): 380~386
- 3 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000
- 4 陈国阶, 陈治谏. 三峡工程对生态与环境影响的综合评价. 北京: 科学出版社, 1993. 115~154
- 5 浦瑞良, 王虎章, 胡家骅. 森林生态因子的彩红外片判读方法研究. 中南林业调查规划, 1993 (4): 50~53
- 6 包慧娟, 姚云峰, 张学林, 等. 科尔沁沙地景观格局变化研究. 干旱区资源与环境, 2003, 17(2): 83~88
- 7 李新通, 朱鹤健. 闽东南沿海地区农业景观变化及其驱动因素: 以大南坂农场为例. 资源科学, 2000, 22(1): 35~37
- 8 王秀兰, 包玉海, 等. 土地利用动态变化研究方法探讨. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81~87
- 9 Forman R.T.T. Land Mosaics: the Ecology of Landscape and Regions. New York: Cambridge University Press, 1995. 36