

# 蔡家川流域景观自然度研究

张志<sup>1,2,3</sup>, 朱金兆<sup>2</sup>, 朱清科<sup>2</sup>, 李永芳<sup>4</sup>, 刘学祥<sup>5</sup>

(1. 清华大学 公共安全研究中心, 北京 100084; 2. 北京林业大学 水土保持与  
荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083; 3. 武警警种指挥学院 森林系, 北京 102202;  
4. 山西省吉县红旗林场, 山西 吉县 042200; 5. 山东省烟台市房地产综合开发办公室, 山东 烟台 264000)

**摘要:** 在借鉴国内外生态干扰度等相关研究成果的基础上, 针对晋西黄土区蔡家川流域景观格局, 提出了流域景观自然度概念, 并确定相关空间图示表达以及分级量化分析方法。蔡家川流域呈现出以有林地  
为基质, 灌木林、荒山和农地等斑块相间分布的景观格局。流域上、中、下三段之中, 中段的破碎化程度最  
高, 异质性最大, 边缘效应强烈, 斑块类型分布均匀。流域下段斑块破碎化程度减小, 但天然起源的景观类  
型面积减少, 人工起源和人为干扰成分较高的景观类型面积增加。流域上段较低边缘效应, 使之具有良  
好的生境质量和较高的生物多样性。流域自上而下表现出以人为影响为主要因子的生态干扰程度不断增  
强, 自然景观减少, 而半自然景观和人为景观均呈增加趋势。

**关键词:** 蔡家川流域; 流域景观自然度; 景观格局; 地理信息系统(GIS)

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)05-0128-04

中图分类号: F301.2

## Study of Landscape Naturalness(WLN) in Caijiachuan Watershed

ZHANG Zhi<sup>1,2,3</sup>, ZHU Jin-zhao<sup>2</sup>, ZHU Qing-ke<sup>2</sup>, LI Yong-fang<sup>4</sup>, LIU Xue-xiang<sup>5</sup>

(1. Center for Public Safety Research, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education,  
Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 3. Department of Forest, Chinese Armed Police Force Services  
Command College, Beijing 102202, China; 4. Hongqi Forestry Farm of Jixian County, Jixian,

Shanxi 042200, China; 5. Real Estate Comprehensive Development of fice of Yantai City, Yantai, Shandong 264000, China)

**Abstract:** Based on a comprehensive review of previous researches on ecological disturbance degree, this study aimed at watershed scale landscape pattern on the Loess Plateau in West Shanxi Province. Watershed landscape naturalness (WLN), a new index, was introduced to describe landscape pattern characteristics, and its spatial expression on map and the methods of quantitative analysis were developed as well. Landscape of Caijiachuan watershed is composed of woodland and the patch mosaics of shrubland, wasteland, and cropland. In the watershed, the middle part shows the highest degree of patch fragmentation, most significant heterogeneity, obvious edge effects, and relatively even distribution of all types of patches. In the lower part, although patch fragmentation decreases, the area of natural landscape types is reduced and meanwhile the area of artificial landscape types increases. The slight edge effects in the upper part of the watershed indicate favorable habitat and high biodiversity. From the upper to the lower part of the watershed, the ecological disturbance degree caused mainly by human activities increases and the WLN decreases gradually, while semi-natural landscape and man-made landscape show an increased trend.

**Keywords:** Caijiachuan watershed; watershed landscape naturalness (WLN); landscape pattern; geographic information system (GIS)

景观作为系统, 具有整体有机性和复杂性, 有人  
与自然、结构与功能、格局与过程之间的复杂联系, 它

既是自然演替的结果, 同时也反映着历史上人类对它  
们不同程度的影响。流域作为一个具有明确地理学

收稿日期: 2008-04-22

修回日期: 2008-06-29

资助项目: “十一五”国家科技支撑计划课题“困难立地工程造林关键技术研究”(2006BAD03A03); 国家重点基础研究发展规划项目“西部典型区域森林植被对农业生态环境的调控机理”(2002CB111503)

作者简介: 张志(1972—), 男(汉族), 云南省昆明市人, 博士后, 副教授, 主要研究方向为林业生态工程、森林防火应急管理。E-mail: qzhanzg@tsinghua.edu.cn.

边界的单元,是一个由分水线所包络的“封闭的”社会—经济—自然复合生态系统,同时,它是由不同生态系统组成的异质性景观,采用流域作为自然资源的管理单元是对自然地理环境重要性的一种认同<sup>[1]</sup>。

德国生态学家 Sukopp 提出了“生态干扰度”(degree of hemeroby)的概念<sup>[2]</sup>:“Hemeroby 是人类过去所有有意识和无意识地对立地和植被施加的干扰的一个总的量度”。这一量度的不同强度等级,即为“生态干扰度”(degree of hemeroby)。用来表示现实植被离开它的“天然植被”的距离,即现实植被的“天然性程度”——现实植被或立地与它们的天然状态之间的距离或相似性。人类的干扰越强,植被和立地受到的影响或破坏就越大,它们的天然性程度就越低。作为一种很实用的生态分析手段,生态干扰度的方法已被广泛地应用在农、林、水、景观、城市及自然保护等诸多领域的生态评价上。

借鉴国内外相关研究成果<sup>[3-7]</sup>,本文提出流域景观自然度(watershed landscape naturalness, WLN)概念,即流域内现状景观类型与其在无外界干扰下的自然本底状态之间的相似程度,或者是偏离程度的倒数。旨在通过对研究区 WLN 的定量与定性分析,为流域管理和生态恢复与重建提供科学依据。

## 1 试验区概况

研究区蔡家川流域(北京林业大学教学科研试验场)位于山西省黄土高原西南部的吉县境内,地理坐标位为北纬  $36^{\circ}14'$ — $36^{\circ}18'$ ,东经  $110^{\circ}40'$ — $110^{\circ}48'$ 。流域大体上为由西向东走向,流域面积  $3\,933.23\text{ km}^2$ ,流域主沟长度为  $14\,500\text{ m}$ ,流域平均海拔  $1\,172\text{ m}$ 。蔡家川流域主沟道及其部分支沟具有常流水,该区为典型的黄土残塬、梁峁侵蚀地形,年平均降雨量为  $579.5\text{ mm}$ ,年平均水面蒸发量为  $1\,723.9\text{ mm}$ ,年均气温  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;土壤为褐土,黄土母质;流域森林覆盖率为  $72\%$ <sup>[8]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 流域景观自然度等级划分

根据蔡家川流域的现地调查情况,将蔡家川流域景观自然度由高到低确定为自然景观、半自然景观和人为景观三级。

2.1.1 自然景观 原始或基本原始的植被或立地,景观组分绝大部分为天然起源,人为直接干扰程度轻微,基本保持自然本底状态。

2.1.2 半自然景观 有明显人为干扰的天然次生植被或立地;或虽有人工起源成分侵入,但仍保留部分

自然本底状态的复合景观,其中天然起源景观组分和人工起源景观组分的空间占有率相当。

2.1.3 人为景观 人工起源景观,自然本底状态在强度和频度都较高的人为直接干扰下发生不可逆转的改变。

### 2.2 流域景观自然度综合属性与等级图制作

基于蔡家川流域景观斑块属性(通过 2004 年野外调查和遥感卫星影像判读得到),运用 GIS 的空间查询、统计和叠加分析功能,对景观类型、起源、组成成分、优势种和空间分布位置进行综合分析。

(1) 自然景观包括历史以来人为直接干扰程度轻微的天然针叶林、阔叶林、针阔混交林和灌木林,其中包括以辽东栎为优势的阔叶林和部分混交林,以侧柏为优势种的部分针叶林和混交林;干扰轻微且保持天然状态的灌木林;自然条件下形成的水域;难利用地。

(2) 半自然景观包括有明显人为干扰的部分天然侧柏林和辽东栎、侧柏混交林;次生演替特征明显,以山杨为优势种的阔叶林;人工刺槐与天然辽东栎复合种群;人为活动频繁、干扰痕迹明显的天然阔叶林;油松与辽东栎交错形成的混交林;部分保留较多天然成份疏林地;荒山。

(3) 人为景观包括人工起源的油松纯林、侧柏纯林、刺槐纯林;人工起源的油松、刺槐混交林;人工起源的油松、侧柏混交林;人工起源的刺槐、侧柏混交林;经济林;未成林造林地;居民地;人工起源疏林地;人工筑坝形成的水域。

通过 ArcGIS/ Arcmap 系统中的 GeoProcessing Wizard/ Dissolve 命令操作,对原始斑块属性进行流域景观自然度分级融合,生成流域景观自然度等级图(图 1)。

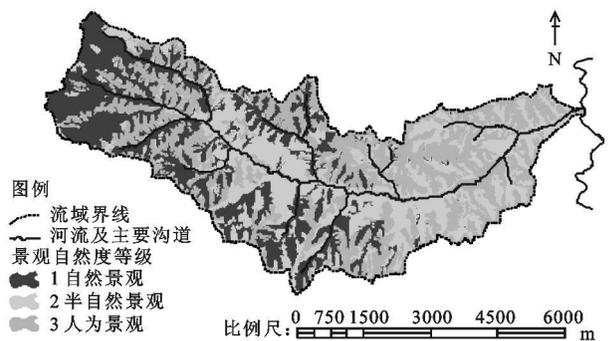


图 1 蔡家川流域景观自然度等级图

### 2.3 流域分区

由于本次研究采用 2004 年单期流域景观调查数据,但在空间范围上覆盖了全流域,故采用以空间代替时间的办法<sup>[9-10]</sup>,进行同一时段的流域分区对比研究,进而揭示研究区的景观变化规律。综合考虑自然地形、流域嵌套、植被及土地利用现状以及人为干扰程

度,将整个蔡家川流域划分为上段、中段和下段三部分,各部分又是不同的小流域的集合体,得出各部分概况及所包括景观类型面积与斑块数目统计(表 1)。

由于流域上、中、下三段的分区面积不均等,按照绝对面积和斑块数进行比较,存在比较基数不一致的问题。为了进一步科学客观的分析,选取景观类型的面积和斑块数相对于分段总体的比例进行比较。

## 2.4 基于 GIS 的空间图层叠加

通过 ArcGIS/ArcToolbox 中的 Overlay/Intersect 命令菜单,在 Input 对话框中输入流域分区的 coverage 文件,Feature 选项为 Polygon,在 Intersect 对话框中输入流域景观自然度分级的 coverage 文件,确定“Join feature attribute tables”选择,最后在 Output coverage 对话框中输入属性交叉叠加后生成的新文件输出路径及文件名。生成后的新 coverage 同时具备了流域分区和流域景观自然度分级信息,经统计得出表 2。

## 3 结果与分析

### 3.1 景观自然度等级划分及流域分区结果

图 1 中自然景观面积为 1 311.87 hm<sup>2</sup>,占流域总面积 33.35%;半自然景观面积为 1 376.32 hm<sup>2</sup>,占流域总面积的 34.99%;人为景观面积为 1 245.04 hm<sup>2</sup>,占流域总面积的 31.65%。

蔡家川流域上段面积 1 271.36 hm<sup>2</sup>,斑块数 373 个,景观类型有 9 种;流域中段面积 1 721.29 hm<sup>2</sup>,斑

块数 672 个,景观类型有 12 种;流域下段面积 940.58 hm<sup>2</sup>,斑块数 273 个,景观类型有 12 种。调查期内,阔叶林占上段的 42.35%,阔叶林占中段的 37.97%,荒山占下段的 33.82%。说明该区是以阔叶林和荒山为基质的林业用地景观。

### 3.2 流域分区景观特征

表 1 中,景观类型主要根据森林资源二类调查的地类划分规定并结合研究区的实际情况确定。流域自上而下,耕地、水域、居民地、灌木林、荒山和未成林造林地面积比例明显增加,而针叶林、阔叶林和针阔混交林明显减少,经济林和疏林地比例则在流域中段最大。

从景观结构与斑块特征方面分析,景观丰富度在增加,斑块类型由上段的 9 个增加为中、下段的 12 个,新增的类型均为人工起源的经济林、未成林造林地和居民地。流域下段平均面积(3.45 hm<sup>2</sup>)和平均周长(1 239.2 m)均最大;上段平均面积(3.41 hm<sup>2</sup>),平均周长(1 158.8 m)次之;中段的斑块平均面积(2.56 hm<sup>2</sup>)和平均周长(993.5 m)均最小<sup>[10]</sup>。说明流域中段作为天然景观与人工景观的过渡地带,其景观空间异质性程度较高。

### 3.3 流域分区景观自然度分析

表 2 中,横向比例是流域分区内不同自然度分级景观面积所占流域分区面积的比例,纵向比例是流域分区内不同自然度分级景观面积所占全流域同级自然度景观面积的比例。

表 1 流域分区景观类型斑块统计

景观类型	难利用地	农地	水域	针叶林	阔叶林	针阔混交林	经济林	疏林地	灌木林	未成林造林地	荒山	居民地	
													面积/hm <sup>2</sup>
上段	面积/hm <sup>2</sup>	0.55	6.46	0.02	336.70	538.42	235.28	—	46.81	69.77	—	37.35	—
	斑块数	4	6	1	100	70	58	—	31	47	—	56	—
中段	面积/hm <sup>2</sup>	24.49	55.41	0.13	83.94	653.65	290.37	31.67	110.41	277.67	46.59	141.24	5.72
	斑块数	52	48	1	45	153	73	18	57	102	16	99	8
下段	面积/hm <sup>2</sup>	5.62	168.12	0.75	6.60	50.20	23.19	17.15	7.95	153.01	183.22	318.12	6.66
	斑块数	9	33	5	8	24	7	25	5	28	60	63	6

表 2 流域分区景观自然度等级矩阵

流域分区	分区面积/hm <sup>2</sup>	自然景观			半自然景观			人为景观		
		面积/hm <sup>2</sup>	横向比例/%	纵向比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	横向比例/%	纵向比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	横向比例/%	纵向比例/%
流域上段	1 271.36	733.01	57.66	55.87	209.73	16.50	15.24	328.62	25.85	26.39
流域中段	1 721.29	573.24	33.30	43.70	687.57	39.95	49.96	460.48	26.75	36.99
流域下段	940.58	5.62	0.60	0.43	479.02	50.93	34.80	455.94	48.47	36.62
全流域	3 933.23	1311.87	33.35	100.00	1376.32	34.99	100.00	1 245.04	31.65	100.00

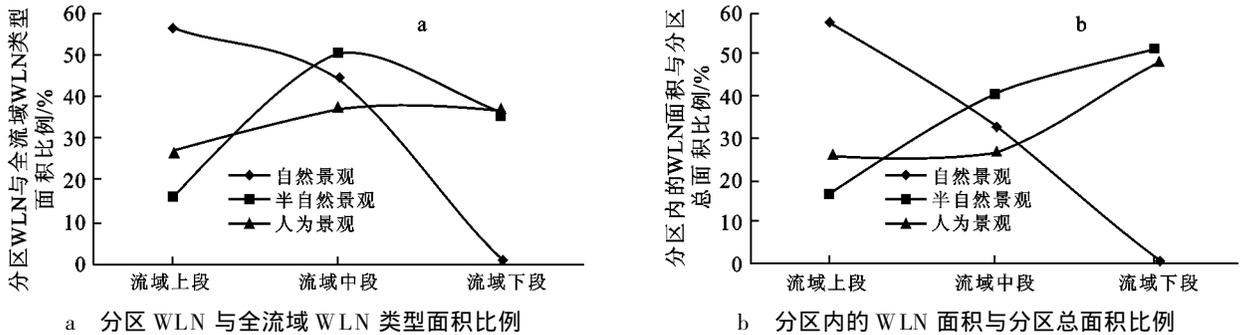


图2 流域分区与景观自然度分级面积比例图

如图2所示,自然景观99.57%集中分布在流域中上段,在流域上段的比例最大,超过一半,占到55.87%。在流域中段比例次之,占43.70%,连通度较差,大多退缩分布在支沟沟沿线以下的沟谷部位。在流域下段急剧下降,不到1%,为零星分布的崖坡难利用地。

半自然景观主要分布在流域中下段,在流域上段仅占15.24%。在流域中段的比例最大,接近一半,大多沿主沟两侧扩散分布,流域下段为沟坡的荒山和灌木林,比例占34.80%。

人为景观在整个流域内分布相对均匀,流域上段稍低,占26.39%,主要是20世纪80年代在山脊和梁脊部人工种植的油松林。流域中段和流域下段的比例接近(约37%),但分布格局有所差异,流域中段的人工景观分布较为离散,而在下段相对连通集中。

从流域分区的局部看,流域上段的自然景观占上段总面积的57.66%,而且连通度较好,成为基质本底。流域中段各级WNL的比例相差不大,与该分区内面积比例中等的天然景观(33.30%)比较,比例最高的半人工景观(39.95%)和比例最低人工景观(26.75%)离差均不到7%。流域下段以半自然景观(50.93%)和人工景观(48.47%)为主,天然景观仅占0.6%。在图2b中,流域自上而下,自然景观曲线陡然下降,而半自然景观和人为景观均呈上升趋势。

## 4 结语

通过对蔡家川流域景观自然度的分析研究,揭示流域自上而下,以人为影响为主要因子的生态干扰程度不断增强,自然景观减少,而半自然景观和人为景观均呈增加趋势。流域景观自然度概念的提出,空间图示表达以及分级量化分析方法的确定有助于流域尺度的宏观研究及管理。生态学者可以理解在流域

景观中影响生物多样性和其它重要生态过程的整体格局,管理者则可以在自然景观空间布局基础上,进行发展决策,使农业与森林生产力和谐平衡,并在景观生态脆弱带保留其本质的生态进程。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 吴刚,蔡庆华. 流域生态学研究内容的整体表述[J]. 生态学报, 1998, 18(6): 575—581.
- [2] Sukopp H. Dynamik und Konstanz in der Flora der Bundesrepublik Deutschland[J]. Schriftreihe f. Vegetationskunde, 1976, 10: 9—26.
- [3] 李昌华. 江西泰和县自然景观破坏程度的分级和评价[J]. 生态学报, 1986, 6(1): 1—9.
- [4] 王丽丽,郭晶华. 江西大岗山植被类型及其自然度与经营集约度的划分和评价[J]. 林业科学研究, 1994, 7(3): 286—293.
- [5] Novakouskaya T V, Akulshina N P. Application of geobotanical indices of ecological scale to mapping of disturbed lands in the Khar'yaginsk oil and gas field[J]. Russian J. Ecology, 1997, 28(4): 224—229.
- [6] Chronopoulos G, Christodoulakis D. Analysis of the adventive flora of a Greek city: The example of Patras[J]. Bot. Helv., 2000, 110(2): 171—189.
- [7] 李迈和, Norbert Kruchi, 杨健. 生态干扰度: 一种评价植被天然性程度的方法[J]. 地理科学进展, 2002, 21(5): 450—458.
- [8] 张志,朱金兆,朱清科,等. 晋西黄土区蔡家川流域景观地形分异格局研究[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(2): 43—48.
- [9] 张志,朱清科,朱金兆,等. 参与式农村评估(PRA)在流域景观格局研究中的应用[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3(1): 25—31.
- [10] 张志. 蔡家川流域景观格局与植被演替模拟研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2005.