

# 人为干扰对泰山景观格局时空变化的影响<sup>\*</sup>

郭 砾 夏北成

余世孝 巩重峰

(中山大学环境科学与工程学院 广州 510275) (中山大学生命科学学院 广州 510275)

**摘 要** 以 TM 影像和野外调查为数据源,3S 技术为研究手段,对比分析了泰山风景区 1986~2001 年间不同人为干扰程度区域的景观结构、景观异质性动态变化特征以及景观多样性高程的分异。结果表明,泰山南部人为干扰斑块动态变化高于北部,南部景观结构变化明显,北部轻微。景观多样性动态变化主要是在北部海拔 900m 以上和南部 900m 以下区域,揭示了人为活动是斑块分割的主因,景观格局的动态变化取决于人为干扰的程度。研究结果从景观生态学角度为泰山合理调整自然和人为影响,构建理想的景观格局和生态环境奠定了基础。

**关键词** 景观格局 人为干扰 时空变化

**Effect of anthropogenic disturbances on the temporal spatial changes of landscape patterns at Taishan Mountain.** GUO Luo, XIA Bei-Cheng (School of Environment and Engineering Science, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China), YU Shi-Xiao, GONG Chong-Feng (School of Life Sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China), *CJEA*, 2006, 14(4): 235~239

**Abstract** Based on the Landsat TM images and field survey data, the changes of altitude variation of landscape diversity, landscape heterogeneity and landscape dynamics from 1986 to 2001 in eight anthropo-disturbed regions of Taishan Mountain were studied with the aids of 3S techniques. The results indicate that the ratio of landscape patches change caused by human disturbance in south region is higher than that in the north region. The change of landscape structure in south region is obvious during the past fifteen years, and little changes happen in the north region. The change of landscape diversity is mainly manifested in the high altitude (>900m) of north region and the low altitude (<900m) of south region. The results also indicate that the anthropogenic disturbance is the basic cause leading to the division of landscape patches. Landscape structure in the studied area has an obvious spatial-temporal variation characteristic. The change of landscape pattern characteristics is related to the intensity of anthropogenic disturbances.

**Key words** Landscape pattern, Anthropogenic disturbances, Spatial-temporal changes

(Received June 9, 2005; revised Sept. 24, 2005)

景观空间格局是大小和形状各异的景观要素在空间上的排列,它是景观异质性的重要表现,又是各种生态过程在不同尺度上相互作用的结果,属于生命组建的一种宏观分异性状<sup>[1,2]</sup>。景观格局研究目的是在看似简单无序的斑块镶嵌的景观上,发现潜在有意义的规律性及其形成机制<sup>[3,4]</sup>,目前国内外采用数量化分析和空间分布特征作为深入研究景观功能和动态的基础。有关研究表明干扰改变景观格局,同时又受制于景观格局,干扰是景观的重要过程,是景观异质性、景观稳定性的主要来源之一<sup>[5,6]</sup>,其中人为干扰对景观格局的影响仍是当前景观生态学值得深入研究的课题。泰山作为我国重点旅游区、世界文化与自然遗产,开发历史悠久,人类干扰较为严重,从古到今其生态环境和自然资源经历了由高质、繁盛到严重破坏、再恢复重建的过程。近年来泰山旅游业的迅速发展和周边环境、人类活动的干预已对其生态环境构成威胁。本文研究了不同人为干扰程度区域景观格局的稳定性和人为活动对景观格局变化的内在干扰机制,为合理调控自然和人为影响因素,构建安全的景观格局,制定有效的生态保护和管理决策奠定基础。

## 1 研究区域概况与研究方法

泰山位于山东省中部,地势差异显著,地貌分异明显,主峰海拔高度 1545m,相对高差大。由于地处暖

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金项目(30370254)和山东省林业科学研究院项目资助

收稿日期:2005-06-09 改回日期:2005-09-24

温带大陆性季风气候区,气候的垂直地带性分异十分明显。植被类型为暖温带落叶阔叶林,植被带的垂直分布明显,森林植被包括针叶林、阔叶林、竹林、经济林 4 种植被型,森林覆盖率达 81.5%,主要森林类型有松林、侧柏林、刺槐林、栎林 4 大类,约占 92.9%。泰山处于中国北方生态环境脆弱带的边缘,自然环境本身具有脆弱性,景区周边城乡经济活动和景区内部旅游开发区建设对生态环境影响较大。泰山主体山脉呈“米”字型分布,按地形方位和沟谷水系分布包括巴山、佛爷寺、泰前、樱桃园、竹林寺、三岔、扫帚峪和桃花峪 8 大景区。

表 1 泰山 8 景区人为干扰强弱程度

景区 Zone	建设比重 Proportion of construction	游入量比重 Proportion of tourist	城乡影响比重 Proportion of town and country effect	合计 Total	平均 Average	人为干扰程度 Disturbance degree
三 岔	11	10	0	21	7.0	弱
桃花峪	22	13	8	43	14.3	强
竹林寺	41	14	7	62	20.7	强
扫帚峪	3	2	5	10	3.4	弱
泰 前	17	52	38	108	3.6	强
樱桃园	6	6	19	31	10.3	强
佛爷寺	0	2	10	12	4.0	弱
巴 山	0	0	13	13	4.3	弱

本研究以泰山 1986 年和 2001 年两期 1:5 万 TM 影像为主要信息源,结合 1:1 万林相图(2000 年 II 类调查成果)和 1:5 万地形图,通过实地调查并在 REDAS 软件支持下分别对两期 TM 数据进行监督分类,在此基础上进一步采用人机交互综合解译对监督分类的结果进行纠正,将研究区景观划分为 12 个基本类型,即松林、栎林、刺槐林、侧柏林、混交林、经济林、灌丛、裸岩、道路、水体、荒地、建筑。以人为干扰程度为依据,将泰山全区

划分为强和弱两个人为干扰区域类型。人为干扰因素除考虑近 3 年来森林经营状况外,主要考虑景区开发建设比重(包括道路、景点、停车场、索道等基础建设和林火阻隔网建设等)、游入量比重和周边城乡影响比重(包括采石场开采、林地转移、扩建侵地以及盗伐、挖药、砍樵、放牧等综合因素)。其中人为干扰强区域包括桃花峪、泰前、樱桃园和竹林寺 4 个景区,该区域整体地势北高南低,景区开发较早,人文景点较多,与城区比邻,人类活动频繁。人为干扰弱区域包括三岔、巴山、佛爷寺和扫帚峪 4 个景区,景区开发晚,人文景点较少,林缘地带与农业区相接,社会经济状况差(见表 1)。

研究获得两个时期景观类型的矢量数据与属性数据,建立数字高程模型(DEM),生成坡度图、坡向图,将景观类型图与 DEM、坡度图、分区图进行空间叠置分析,并运用景观格局分析软件 FRAGSTATS 进行景观指数的计算<sup>[7]</sup>。本研究选择斑块总面积和斑块总数、斑块密度指数、景观多样性指数、分维数、破碎化指数、形状指数等指标进行分析<sup>[8]</sup>。多样性指数反映一个区域内不同景观类型分布的均匀化和复杂化程度。依据 Shannon-Wiener 指数,景观多样性指数( $H$ )为:

$$H = - \sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i) \quad (1)$$

式中, $P_i$  为第  $i$  类景观面积比, $m$  为景观类型数。 $H$  值越大,景观要素类型愈丰富,景观多样性越大。若某景观内斑块数目增多,单个或某些斑块的面积相对减少,则斑块形状更趋复杂化。景观破碎度表达式为:

$$I = \sum_{i=1}^m N_i / A \quad (2)$$

式中, $I$  为景观破碎度, $N_i$  为第  $i$  类景观斑块数, $A$  为景观总面积。 $I$  值越大,破碎化程度越高。分维数表达式为:

$$\ln A(r) = \frac{2}{F_d} \ln P(r) + C \quad (3)$$

式中, $A(r)$  表示以  $r$  为量测尺度的某景观斑块的面积, $P(r)$  为其周长, $C$  为截距, $F_d$  为斜率,分形维数  $F_d$  的理论范围为 1.0~2.0。 $F_d$  值越大代表图形形状越复杂。斑块扩展度用形状指数( $D$ )来表示,其表达式为:

$$D = \frac{P}{2 \sqrt{\pi A}} \quad (4)$$

式中, $P$  为斑块周长, $A$  为面积。 $D$  值越接近 1,斑块与圆形越相似,反之,则斑块形状越不规则。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同干扰区景观斑块变化特征

由表2可知,15年间泰山景观要素斑块特征变化十分明显。森林景观的变化面积约为 $180.3\text{hm}^2$ ,年均

表2 研究区景观斑块特征变化率(1986~2001)

Tab.2 Characteristics of patches change in the surveyed area from 1986 to 2001

景观类型 Landscape types	数量变 化率/% Change rate of patch number	面积变 化率/% Change rate of area	密度变 化率/% Change rate of patch density	平均面积 变化率/% Change rate of mean patch size	最大面积 变化率/% Change rate of maximum patch size	最小面积 变化率/% Change rate of minimum patch size	面积方差 变化率/% Change rate of variance of patch area
松 林	4.5	19.9	30.48	23.37	10.33	5.71	7.36
侧柏林	4.6	18.1	27.82	21.72	5.29	2.48	9.12
刺槐林	17.7	16.2	8.04	7.67	22.75	16.21	9.50
栎 林	10.1	38.6	20.41	25.84	16.95	16.27	15.03
混交林	24.3	54.8	19.74	24.54	16.31	45.89	28.26
经济林	28.6	24.8	5.37	7.82	33.01	2.31	5.72
灌 丛	21.1	20.6	5.86	5.65	13.52	86.66	9.43
裸 岩	13.6	11.0	4.68	5.55	17.33	55.08	9.04
荒 地	29.4	47.9	45.07	30.97	26.96	27.55	31.57
水 体	20.0	27.6	10.49	9.16	31.64	36.76	20.21
建 筑	81.3	35.0	34.29	25.52	29.48	62.50	31.16
道 路	75.0	22.5	42.69	30.04	24.47	7.69	12.90

变化率为 $12.02\text{hm}^2$ 。其中松林和侧柏林面积减少 $1156.8\text{hm}^2$ ,年均减少 $77.12\text{hm}^2$ 。而刺槐林和栎林面积却由 $3101.2\text{hm}^2$ 上升到 $3925.2\text{hm}^2$ ,年均增加 $54.87\text{hm}^2$ 。灌丛、裸岩、建筑和道路斑块面积分别增加20.6%、11.0%、35.0%、22.5%,但荒地、水体、经济林面积在15年间均减少较大,减少率分别为47.9%、27.6%、24.8%。由于受人为干扰,斑块被分割使斑块数和斑块密度增加,斑块伸展度和平均面积变小,斑块形状更为复杂(见表3)。

虽然强干扰区和弱干扰区总面积相差不大,面积相似性指数分别为0.46和0.54,但各指标变化率差异较大,强干扰区斑块特征各指数变化率为弱干扰区的1.46~2.34倍。强干扰区斑块数增加15.4%,是弱干扰区的1.73倍,斑块平均形状指数变化接近2倍,伸展度的变化比超过3倍,表明两个不同人为干扰程度区域斑块特征变化的差异较大。

### 2.2 不同干扰区景观格局变化特征

由1986~2001年泰山景观动态变化可知,研究区景观多样性随时间变化呈增加趋势,景观类型总斑块数增加,斑块密度指数增加,反映了景观结构随时间变化更加丰富和复杂。1986年8个地形分区的分维数在1.2~1.3之间波动,到2001年分维数上升到1.3~1.4,分形维数值依次为扫帚峪<巴山<佛爷寺<三岔<桃花峪<泰前<樱桃园<竹林寺,分形维数值较高的地区均属人为干扰强区域,景观斑块的形状比人为干扰弱区域更复杂。与1986年相比,2001年桃花峪、樱桃园、竹林寺和泰前4区域的景观多样性水平均有大幅度上升,优势度指数下降,这与整个区域的变化结果相一致,该结果也反映出研究区内景观格局动态变化

表3 不同干扰区斑块特征变化

Tab.3 Changes of landscape patches in different anthropogenic disturbance regions

指标 Index	人为干扰弱区域 Weak disturbance zone		人为干扰强区域 Strong disturbance zone		变化比 Ratio		
	年份 Years		年份 Years				
	1986	2001	1986	2001			
斑 块 数	191	208	8.9	254	293	15.4	1.73
斑 块 密 度	0.03	0.033	10.0	0.048	0.055	14.6	1.46
斑 块 平 均 面 积	33.1	30.4	8.2	20.8	18.1	13.0	1.59
伸 展 度	0.57	0.55	3.5	0.49	0.45	8.2	2.34
平 均 形 状 指 数	1.35	1.38	2.2	1.39	1.45	4.3	1.95

表4 不同干扰区景观格局变化

Tab.4 Changes of landscape patterns in different anthropogenic disturbance regions

指标 Index	人为干扰弱区域 Weak disturbance zone			人为干扰强区域 Strong disturbance zone			变化比 Ratio
	年份 Years	变化率/%		年份 Years	变化率/%		
	1986	2001	Change rate	1986	2001	Change rate	
多样性指数	1.41	1.43	1.4	2.09	2.25	7.7	5.50
优势度指数	1.26	1.23	2.4	1.18	1.07	9.3	3.88
破碎化指数	3.00	3.30	10.0	4.80	5.50	14.6	1.46
分维数	3.22	3.41	5.9	3.76	4.89	30.1	5.10
斑块稳定性指数	1.72	1.91	11.0	2.26	3.39	50.0	4.55

多样性指数差值增至 57.3%，反映了弱干扰区景观结构的轻微变化和强干扰区的剧烈变化特征。优势度指数、破碎化指数、分维数也说明了该动态变化特征，斑块稳定性指数的动态变化率，在强干扰区反映更为明显，两个区域的差异水平随时间变化更大，反映了景观结构随时间变化更加丰富和复杂，揭示了人为干扰程度对景观结构变化的影响。

### 2.3 不同干扰区景观多样性高程分异

与 1986 年相比，2001 年桃花峪、櫻桃园、竹林寺和泰前 4 区域的景观多样性水平均有大幅度上升，优势度指数下降，这与整个区域的变化结果相一致，该结果也反映出研究区内景观格局动态变化的特征。与整个研究区相比，自然景观区域内较多景观类型的面积高于全区平均水平，景观内部要素结构的偏态分布程度高于全区。由表 5 可知，相同干扰区域，在同一时间，景观多样性指数在海拔梯度变化上随海拔升高均呈上升趋势；在时间变化上，相同干扰区域，在同一海拔级景观多样性指数随时间变化而增加。

对于弱干扰区域，按照多样性指数的平均水平，以海拔高度 945m 为分界线，高海拔区各海拔级的多样性指数变化率基本大于低海拔区；其中 15 年来 V 和 VII 两海拔区动态变化率较大。而强干扰区则相反，低海拔区多样性指数变化率明显大于高海拔区；其中 II 和 III 两海拔区动态变化率较大。从变化率比值可以看出，人为干扰对景观多样性指数变化的影响集中在山下部，II 和 III 两海拔区最为明显，II 海拔级强干扰区域多样性变化率是弱干扰区域的 3.45 倍，III 海拔级强干扰区域多样性变化率是弱干扰区域的 2.35 倍，表明人为干扰主要集中于低海拔区域内。综上所述，多年来在生产活动中，主要森林结构的调整、灌丛、疏林地的更新也加快了荒山绿化的进程，属于人为干扰弱区域的扫帚峪、巴山、佛爷寺、三岔 4 个分区地处泰山北坡和东北坡，森林边沿与山区群众土地相接，属林业经营发展较晚、水平较低、经济基础薄弱区域，1986 年森林覆被率已达 94.5%，多年来森林经营活动以管护为主，曾有大面积松林遭受松毛虫破坏，是松林面积减少和裸岩面积增加的主因。人为干扰强的桃花峪、泰前、櫻桃园、竹林寺 4 个分区旅游开发较早，林沿带与城区相连，人文景观多，人类活动频繁，是公路和建筑的主要分布区域，人为干扰强度大，也反映了人类活动对景观变化的重要影响。

### 3 小结与讨论

泰山风景区 1986~2001 年 15 年间景观要素斑块变化十分明显，斑块数和斑块密度增加，斑块伸展度和斑块平均面积变小，斑块的形状更加不规则，处于泰山南部的强人为干扰区域景观斑块特征各指标变化率是位于泰山北部弱干扰区变化率的 1.46~2.34 倍。景观结构各指数的动态变化反映了弱干扰区景观结构

的特征。由表 4 可知，15 年间不同干扰程度区域多样性指数、破碎化指数、分维数、稳定性均有升高，优势度指数下降。强与弱干扰区各指标变化率比值在 1.46~5.50 之间。1986 年强干扰区多样性指数 2.09 比弱干扰区高 48.2%，差异较大。尽管 15 年来弱干扰区多样性指数变化率仅为 1.4%，但强干扰区变化率高达 7.7%，是弱干扰区变化率的 5.5 倍，使两个不同干扰区多

表5 不同干扰区景观多样性随海拔高度的动态变化

Tab.5 Changes of landscape diversities with altitude in different anthropogenic disturbance regions

分区 Zone	海拔高度/m Altitude	人为干扰弱区域 Weak disturbance zone			人为干扰强区域 Strong disturbance zone			变化比 Ratio
		年份 Years	变化率/%		年份 Years	变化率/%		
		1986	2001	Change rate	1986	2001	Change rate	
I	135~345	0	0	0	1.08	1.19	10.2	0
II	345~545	0.87	0.95	9.2	1.42	1.87	31.7	3.45
III	545~745	1.11	1.22	9.9	1.89	2.33	23.3	2.35
IV	745~945	1.18	1.24	5.1	1.32	1.47	11.4	2.24
V	945~1145	1.45	1.68	15.9	1.98	2.16	9.1	0.57
VI	1145~1345	1.23	1.34	8.9	1.75	1.86	6.3	0.71
VII	1345~1545	1.41	1.62	14.9	1.52	1.68	10.5	0.70
	平均	1.21	1.34	10.7	1.57	1.80	14.6	1.36

的轻微变化和强干扰区景观结构明显变化的特征。景观多样性的动态变化主要表现在泰山北部海拔 900m 以上和南部 900m 以下区域。泰山景观结构的动态变化在人为干扰程度不同的两个区域差异明显,说明人为活动是斑块分割的主因,斑块稳定性指数的动态变化在强干扰区更为明显,两区域的差异水平随时间变化更大,景观结构更为丰富和复杂,揭示了人为干扰程度对景观结构变化影响非常大。

本项研究通过采用不同时期 TM 影像作为主要信息源,以人为干扰因素的平均比重为依据,划分出不同人为干扰程度的区域,借助 GIS 技术,得以快速、定量地获取和分析到人为干扰对景观要素和景观结构动态变化的影响。研究结果的可信度在很大程度上取决于景观分类程度、干扰区划分的原则和细致程度以及景观指数的选取诸多因素,而量化地确定人为干扰影响源以及干扰的影响则是研究的关键。

### 参 考 文 献

- 1 常学礼,郭建国.科尔沁沙地景观格局特征分析.生态学报,1998,18(3):225~232
- 2 张金屯,邱 扬,郑凤英.景观格局的数量研究方法.山地学报,2000,18(4):346~352
- 3 丁圣彦,钱乐祥,曹新向等.伊洛河流域典型地区森林景观格局动态.地理学报,2003,58(3):354~362
- 4 钱乐祥,李 爽,张晓伟.伊洛河流域典型地段植被景观格局变化研究——以河南省洛宁县为例.中国生态农业学报,2005,13(1):49~52
- 5 Rapport D.J., Gaudet C., Karr J.R., et al. Evaluating landscape health: integrating societal goals and biophysical process. *Journal of Environmental Management*, 1998, 53(1): 1~15
- 6 Simpson I. A., Dugmore A. J., Thomson A., et al. Crossing the thresholds: human ecology and historical patterns of landscape degradation. *Catena*, 2001, 42(2~4): 175~192
- 7 Li H., Reynolds J. F. A new contagion index to quantify spatial pattern. *Landscape Ecology*, 1993, 8: 155~162
- 8 O'Neill R. V., Krummel J. R., Gardner R. V., et al. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1998, 1(3): 153~162

### 欢迎订阅 2007 年《中国农学通报》

《中国农学通报》是由中国科学院院士、中国工程院院士石元春先生任主编、中国农学会主办的农业综合性学术期刊,系全国农业核心期刊、中国科协优秀学术期刊和全国优秀农业期刊,主要报道国内外农牧业各学科的研究报告、研究进展、学术探讨、学术争鸣、试验简报、专题综述以及农业社科栏目(院士论坛、省部长论坛、农业论坛和基层论坛),并刊登种植业(农药、农膜、农机、土壤、肥料、种子、栽培、病虫害防治)、养殖业(种畜、种禽、畜牧、水产、饲料、添加剂、兽药、疫病防治)、农产品储藏加工业(保鲜技术、保鲜剂、食品开发、加工机械)等方面的实用高效新品种、新技术、新方法、新动态,适于各级农牧科技人员、农技推广人员、农牧行政管理干部、农业大中专院校师生和广大农村养殖及种植专业户等阅读。《中国农学通报》为月刊,大 16 开本,420 页,每月 5 日出版,国内外公开发行,国内统一刊号:CN11-1984/S,每期定价 40.00 元,全年 480.00 元,邮发代号:2-772,全国各地邮局均可订阅,漏订者可直接汇款至本刊补订,地址:(100026)北京市朝阳区麦子店街农业部北区工作区 20 号楼中国农学会编辑出版部,电话:(010)64194480。

### 欢迎订阅 2007 年《河北农业科技》

《河北农业科技》是由河北省农林科学院主办的农业科技期刊,主要刊登农作物、蔬菜、食用菌、中草药、果树、花卉栽培与病虫害防治,设施栽培技术,畜牧兽医,水产养殖及特种种植与养殖技术,农用机械,新品种、新技术、新成果、新产品信息,农村政策法规,生活百科等方面内容,适合广大农民、农业科技工作者、农经组织管理者和农业院校师生阅读。本刊为月刊,公开发行,每月 2 日出版,大 16 开本,邮发代号:18-9,每期定价 4.00 元,全年 48.00 元,全国各地邮局均可订阅,漏订者也可直接汇款至本杂志社邮购,地址:(050051)石家庄市和平西路 598 号《河北农业科技》杂志社。