

泰山景观格局时空分异特征的研究^{*}

郭 烁, 余世孝

(中山大学生命科学院, 广东 广州 510275)

摘 要: 以野外调查和遥感影像为主要信息源, 研究了泰山 20 世纪 80 年代中期以来景观格局的时空分异特征及成因, 并探讨了相关的人为活动对景观格局的影响。结果表明, 15 a 来全区景观格局的破碎化指数增加了 22.8%, 人为干扰区的破碎化指数增加了 30.9%, 人为干扰是研究时段内景观格局显著变化的主要成因。20 世纪 80 年代后期的大规模纯林改造和景区建设活动, 提高了整体景观的多样性水平, 也加剧了部分区域景观格局的破碎化。研究还证明了景观格局具有显著的时空分异特征, 在空间上表现为景观多样性的梯度变化特征明显, 在时间上具体表现为景观结构多样性水平的提高。

关键词: 景观格局; 多样性; 时空分异; 3S 技术

中图分类号: Q147 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2004) 04-0061-05

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, 是各种生态学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^[1,2]。景观格局分析作为景观生态学的基本研究内容, 数量化分析景观组分的空间分布特征, 是进一步研究景观功能和动态的基础^[3,4]。景观生态学强调系统的等级结构、空间异质性、时空尺度效应以及人类活动的干扰^[5], 特别是在区域尺度的景观格局保护研究中, 结构和特征的变化对生物格局的干扰及相关保护策略的研究已经引起越来越多的关注^[6-9]。在那些自然环境条件差异显著、人为干扰作用差异较大的地区, 如高山地带, 外界因素特别是人为活动的介入, 在短时间尺度上不会改变整个景观的组分类型结构, 而是对局部组分的结构和空间分布施加干扰^[10]。通过景观格局时空差异的分析, 可以揭示景观动态变化的内在干扰机制, 为合理评价自然和人为干扰因素的影响, 制定有效的生态保护和策略奠定基础。

泰山在 1982 年被国务院公布为国家首批重点风景名胜区, 1987 年联合国教科文组织批准其列入世界遗产名录, 归入世界文化和自然遗产, 是中国第一个双遗产地区。本研究以泰山为例, 重点分析了自 20 世纪 80 年代中期以来该区域景观格局的时空变化, 并探讨其成因; 比较自然区域和人为活动集中区域的景观格局时空变化特点, 了解不同人为干扰强度下的景观结构特征, 探讨相应的保护

与管理问题。

1 研究区概况

泰山位于山东省中部, 地理坐标为 $36^{\circ}05' - 36^{\circ}30'N$, $116^{\circ}50' - 117^{\circ}24'E$, 总面积 426 km^2 , 属于世界文化与自然遗产、国家重点风景名胜区和国家示范森林公园。泰山地势差异显著, 地貌分异明显, 主峰海拔 $1\,545 \text{ m}$, 相对高差达 $1\,400 \text{ m}$, 梯度变化明显, 具有不同的海拔、坡向和坡度特征, 其中海拔 700 m 以下的地形面积占 61.1% , 海拔 $700 \sim 1\,000 \text{ m}$ 的地形面积占 32.3% , $1\,000 \text{ m}$ 以上占 6.6% 。坡度在 35° 以下的占 55.1% , 坡度大于 35° 的占 44.9% 。泰山地处暖温带大陆性季风气候区, 山顶年平均气温 5.3°C , 年平均降水量 $1\,124.6 \text{ mm}$, 山下年平均气温 12.8°C , 年平均降水量 715.0 mm 。区内相对高差较大, 气候的垂直地带性分异十分明显。地带性植被类型为暖温带落叶阔叶林, 森林植被包括针叶林、阔叶林、竹林、经济林 4 个植被型, 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% 。泰山主体山脉呈“米”字型分布, 按地形方位和沟谷水系分布可划分为 8 个特征区域, 其中三岔、巴山、佛爷寺和扫帚峪四个景区处于研究区的北部, 平均海拔较高, 阴坡面积大, 以林业为主。桃花峪、泰前、樱桃园和竹林寺景区整体地势北高南低, 海拔 $370 \sim 1\,100 \text{ m}$, 森林类型多样性镶嵌分布明显, 景

* 收稿日期: 2003-11-18

基金项目: 教育部骨干教师基金资助项目; 山东省林业科学研究院资助项目

作者简介: 郭烁 (1975 年生), 女, 博士生; 通讯联系人: 余世孝; E-mail: lssysx@zsu.edu.cn

区旅游业开发较早, 林缘地带与旅游区域相连, 人文景点较多, 人类活动频繁。

2 研究方法

2.1 信息源获取

以 1986 和 2001 年 2 期 1:5 万的 Landsat TM 卫星遥感数据为主要信息源, 结合 1:1 万森林资源分布图和 1:5 万地形图, 借助 GPS 进行实地调查, 编制 TM 影像目视解译标志数据库, 在 GIS 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, 获得研究区两个时期的景观类型图, 建立数字高程模型 (DEM), 生成坡度图、坡向图。利用 GIS 的空间分析功能, 将景观类型图与 DEM、坡度图、分区图进行空间叠置分析, 提取相应的数据。

2.2 格局分析

采用了 3 种相关联的景观格局指数: 多样性指数、优势度指数和破碎度指数^[11-13] 分析景观格局的变化趋势。利用 1986 和 2001 年两个时段景观指数计算的结果, 分析景观格局的变化趋势。空间分异的主要研究内容为: ①将研究区的 DEM 数据与景观图叠加, 高程分区从海拔 145 m 开始, 按照 200 m 间距共分成 7 个区域类型 (图 1), 研究不同类型地区景观格局多样性的高程分异特点。因高程分异具有连续的梯度变化特征, 而分异特征与各种景观动态变化驱动因素可建立直接的衔接, 所以在地形分析中对格局多样性的高程分异进行了分析; ②按照整个研究区、人为干扰区和自然景观区分别进行区域格局分析, 其中人为干扰区包括干扰强度和地形特征各异的桃花峪、泰前、樱桃园和竹林寺四个景区; 自然景观区包括三岔、巴山、佛爷寺和扫帚峪四个地区; ③进行格局梯度变化分析, 通过比较人为干扰区和自然景观区格局分异, 以了解人为活动对景观格局干扰的梯度变化情况。

3 结果与分析

3.1 不同类型区域景观格局的比较分析

两个时期景观格局的计算结果表明, 人为干扰区的景观多样性大于自然景观区, 1986 年高出 53.7%, 2001 年高出 57.3% (表 1)。在人为干扰区域的内部, 桃花峪和樱桃园地区的景观多样性显著小于竹林寺和泰前地区。在研究时段内, 桃花峪和樱桃园地区开辟了新的旅游线路, 人为影响主要是盘山公路的建设; 竹林寺和泰前地区处于泰山旅游活动的集中区域, 分布许多人文景观, 随着 90

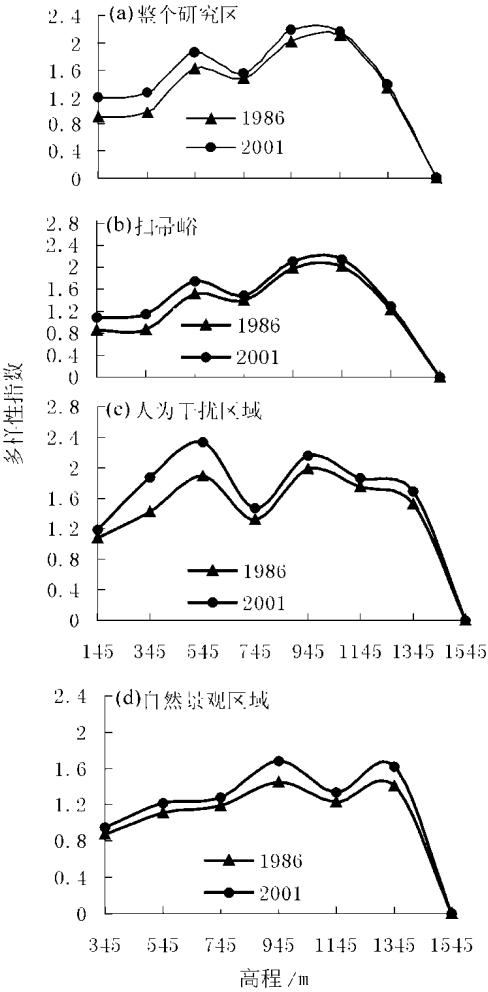


图 1 景观格局多样性变化的高程分异特征
Fig. 1 Variation of landscape pattern with altitude

表 1 各类型区域景观格局指数变化
Tab. 1 Change of landscape pattern in various regions from the year 1986 to 2001

区域类型	1986 年			2001 年		
	多样性 指数	优势度	破碎度	多样性 指数	优势度	破碎度
整个研究区	1.67	1.23	3.42	1.79	1.17	4.20
自然景观区	1.36	1.26	2.98	1.43	1.23	3.33
人为干扰区	2.09	1.18	3.79	2.25	1.07	4.96

年代初开始的旅游热潮, 区内兴建了许多旅游设施, 工商业活动也有较大发展, 研究结果表明道路是轻微的人为干扰类型, 对景观组分结构改造作用相对弱, 景点和居民点的修建以及人们的生产和生活行为对景观结构的改造作用较强。对比 1986 年和 2001 年的结果发现, 桃花峪、樱桃园、竹林寺和泰前 4 个区域的景观多样性水平均有所上升, 优势度指数下降, 这与整个区域的变化结果趋于一致, 这一结果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,自然景观区域内有较多景观类型的面积高于全区的平均水平,导致景观优势度增加,多样性水平降低,景观内部结构的偏态分布程度高于全区。综上所述,过去几十年的人工造林和纯林改造活动使泰山森林的总面积增加,混交林和栎林的比重加大,降低了景观格局的优势度,是研究区景观格局变化的主要原因。

3.2 景观格局的高程分异特征分析

人为干扰的景观区域主要分布在 145 ~ 800 m 之间,自然景观区和整个研究区覆盖了所有高度区间,景观格局的高程变化研究分别对这 3 种类型区域进行。全区景观格局高程分异结果表明(表 2):景观要素的类型主要是以栎类林为主的落叶阔叶林,面积比重差异不大,格局水平具明显趋同特征。海拔 1 000 m 以上是以油松 *Pinus tabulaeformis* 为主的针阔混交林,800 ~ 1 000 m 左右为林线分布区域,由于许多树种在此达到垂直分布的极限,高山灌丛、裸岩与各种森林植被呈交错分布,其景观格局多样性水平最高。此后随海拔的升高,森林植被覆盖度下降,山顶灌丛、裸岩面积增加,景观结构随之变化。1986 和 2001 年两个时期相比较的结果显示,整个研究区有两个格局水平异常变化的区域,即 600 m 以下区域和 1 000 m 左右区域,600 m 以下区域的高程分异与整体格局差异较大。实地调查表明,管理部门组织的造林活动集中分布在该区的各种人为活动发生源附近,如新建的景点和道路附近,造成景观格局水平发生显著变化。但由于该地段人为干扰景观内部的格局变化情况与自然区域正好相反,所以在全区格局高程分异分析时,因相互发生补偿效应而没有显著的表现。1 000 m 左右为林线分布区域,景观格局最复杂。在所研究的八个分区中扫帚峪景区与全区的景观高程分异变化规律最相似,原因是该区处于人为干扰与自然景观区相衔接的区域,产生补偿效应。

自然景观区域也有两个格局水平异常变化的高程区段 1 000 m 林线地区和 1 300 m 左右区域,主要是由于高海拔区坡度陡,立地条件恶劣,裸岩和山顶灌丛面积扩大,导致不同植被类型面积比重出现较大的变化。从图 1 还可以看出,人为干扰区域格局水平异常变化的两个高程区段与自然景观区和整个研究区比较有较大差异,人为干扰区域在 600 m 以下地区景观多样性指数达到最高,尽管在 1 000 m 左右林线分布区域,灌丛、裸岩与各种森林植被呈交错分布使景观结构复杂,但该区的最高峰值却在 400 ~ 500 m 之间。综上所述,整个研究区、自然景观、人为干扰 3 种类型区域景观格局高程变化的分

异特征既有差异性又有相关性,是人类的活动和自然环境共同作用的结果。

表 2 15 a 来不同区域景观多样性的高程分异
Tab 2 Variation of landscape diversity in various regions with altitude from the year 1986 to 2001

高程 m	整个研究区		自然景观区		人为干扰区	
	1986	2001	1986	2001	1986	2001
145~345	0.91	1.18	0.79	0.86	1.08	1.19
345~545	0.98	1.27	0.87	0.95	1.42	1.87
545~745	1.62	1.86	1.11	1.22	1.89	2.33
745~945	1.54	1.48	1.18	1.24	1.32	1.47
945~1145	2.03	2.18	1.45	1.68	1.98	2.16
1145~1345	2.11	2.16	1.23	1.34	1.75	1.86
1345~1545	1.32	1.38	1.41	1.62	1.52	1.69

3.3 景观格局的时空分异特征

从 1986—2001 年,在不同的类型区,景观格局的时空变化特征也不相同。从表 3 的结果可看出,整个研究区格局时空变化的主要原因仍然是人工森林的恢复。在人为干扰区域中,樱桃园和桃花峪地区的格局稳定性比竹林寺和泰前地区高,显示出旅游公路的建设作为一次性的人为干扰,在建设完成以后,景观结构发生变化,破碎度明显升高,周围被干扰地区受自然恢复和人为生态恢复工作的共同作用。而景点和居民点因需要满足必要的商业活动和生活消费的目的,建设工作完成后仍会处于较强的人为干扰状态,景观格局水平发生了显著变化,生态恢复缓慢。在自然景观区域景观整体结构在研究时段与人为干扰区域差异较大。自然景观区域远离旅游和建筑密集区,人地矛盾小,景观格局变化主要是自然林地恢复过程的结果,景观格局水平得到明显改善。1986 年和 2001 年对比的结果显示,1986 年以前人为干扰区域和整个研究区的格局分异水平相差不显著,破碎度只高出 10.8%,到了 2001 年则高出 18.1%,特别在低海拔地区差异十分明显。15 a 间自然和人工生态恢复过程叠加作用,使研究区格局变化呈现出明显的梯度特征,显示出离景点和居民区近的地域景观结构有较大变化。与人为活动干扰相比,自然恢复过程引起的景观格局变化幅度较慢,而通过人工林地恢复措施显著提高了部分地区优势景观组分的重要程度,自然和人工的景观恢复过程逐渐消除了部分区域格局空间均质性分布特征,并逐步形成明显的梯度分异格局。

3.4 人为活动对景观格局的干扰分析

1986 和 2001 年人为干扰景观与自然景观差异的计算结果显示(表 3),道路和居民点的建设使

表 3 8 个地形分区景观格局指数变化
Tab 3 Change of landscape pattern in eight regions

分区	1986 年			2001 年		
	多样性 指数	优势度	破碎度	多样性 指数	优势度	破碎度
人为 干扰 区	桃花峪	1. 87	1. 19	3. 88	2. 16	1. 07
	竹林寺	2. 32	1. 16	3. 91	2. 40	1. 06
	泰前	2. 11	1. 25	3. 97	2. 28	1. 07
	櫻桃园	2. 08	1. 14	3. 42	2. 17	1. 08
自然 景观 区	三岔	1. 18	1. 28	2. 81	1. 24	1. 13
	扫帚峪	1. 75	1. 33	3. 17	1. 82	1. 37
	佛爷寺	1. 59	1. 21	3. 07	1. 65	1. 11
	巴山	0. 92	1. 21	2. 89	0. 97	1. 31

景观格局的差异表现出明显的梯度递减特征，表明这两种人为干扰强度具有一定程度的距离衰减效应。而强烈的一次性干扰则导致近距离范围内优势森林类型面积大幅度下降，从而增加了格局恢复的难度。人为干扰景观中，由于道路和居住区的建设使景观斑块被分割，景观结构的破碎程度上升，人工辅助恢复措施又主要集中在临时性施工地进行绿化覆盖，导致景观整体恢复速度比较慢。自然景观区域的格局变化则完全显示出另外一种模式，2001 年与 1986 年相比景观格局水平基本相同，除三岔地区格局水平变化较大外，其他地区均维持 1986 年的分异格局。研究时段内景观格局多样性升高幅度最大的是处于人为干扰区的竹林寺和泰前地区，最小的则是自然景观区域的佛爷寺。上述变化的结果可以看出，在小尺度的分区范围内，景观格局主要取决于优势景观类型面积的变化，因此带有负效应的人为干扰将导致格局的较大变化。

4 结 论

泰山自 20 世纪 50 年代中期以来，一直经历着持续性的景观结构调整，格局特征亦随之发生变化。导致这种变化的主要原因在于不同阶段人为活动的目的、强度和方式的差异。新中国成立后，泰山林业部门就按照“先绿化后提高”的原则种植了赤松 *Pinus densiflora*、红松 *P. koraiensis* 等各种松类林，并开展了大面积育苗造林，使森林覆盖面积提高，进而改变了全区特别是低海拔山区景观格局水平。始于 20 世纪 80 年代的大规模纯林改造活动，使不同区域的整体景观格局多样性水平逐步提高，不同林地类型的数量结构趋于合理，特别是自然景观区域的中低海拔地区，格局水平的恢复效果极为显著。在人为干扰景观区域内部，人类活动导致景观格局破碎化水平均显著高于相同海拔的自然区

域。到了 2001 年，人为干扰区域内的景观结构与自然景观相比差别加大。人为影响景观区域占整个保护区面积的 38%，且主要分布在沟谷地区，居民点和周围的生产和生活活动将成为最主要的人为影响发生源。景观格局作为一种整体异质性特征，其干扰主要体现在降低原来某些主要景观组分类型的优势程度，以提高景观格局多样性水平。在人为干扰区域，林地面积减少表现为进一步加剧了景观结构的破碎化，使景观在研究时段内的整体格局多样性水平呈增加趋势。

本文揭示出的人为干扰区域与自然景观区域之间的景观结构差异主要是研究区大规模森林改造及 1990 年以后旅游区配套建设修建道路、景点和居民区所导致。人为干扰景观与自然景观的结构差异非常显著，裸岩和灌丛的面积仍较大，小规模森林破坏活动也没有彻底杜绝。在泰山保护区目前人口数量仍在不断增加，旅游开发已成为今后的重点产业，这些都将给今后的自然保护管理工作带来巨大压力。在泰山的保护策略中，无论早期的生产性造林活动还是后来保护区管理部门的保护性造林工作都未能充分地考虑合理的景观格局设计和建设问题。大规模林地改造活动和沟谷地区持续存在的人为干扰活动导致研究区内原始景观结构发生较大改变。合理的景观格局的构建及其实现，是今后研究工作的重点。

参考文献:

[1] 常学礼, 邬建国. 科尔沁沙地景观格局特征分析[J]. 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[J]. 山地学报, 2000, 18(4): 346— 352.

[3] FORMAN R T, GODRON T. Landscape ecology[M]. New York: John Wiley & Sons. 1986.

[4] 马克明, 傅伯杰. 北京东灵山地区景观格局及破碎化评价[J]. 植物生态学报, 2000, 24(3): 320— 326.

[5] TURNER M G, GARDNER R. Quantitative methods in landscape ecology[M]. New York: Springer-Verlag, 1991.

[6] CRIST P J, KOHLEY T W, OAKLEAF J. Assessing land-use impacts on biodiversity using an expert systems tool[J]. Landscape Ecology, 2000, 15(1): 47— 62.

[7] GUNILLA G A, SYNNEVE N. Landscape change patterns in mountains, land use and environmental diversity, Mid-Norway 1960— 1993[J]. Landscape Ecology, 2000, 15: 155— 170.

[8] BOULINIER T, NICHOLS J D, HINES J E, et al. Forest fragmentation and bird community dynamics: inference at regional scale[J]. Ecology, 2001, 82(4): 159— 169.

[9] FRANCISCO M, REGOL F C, PAULO G. Temporal (1958— 1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: implications for fire occurrence[J].

Landscape Ecology, 2001, 16: 557— 567.

[10] 曾辉, 张磊, 孔宁宁, 等. 卧龙自然保护区景观多样性时空分异特征研究[J] . 北京大学学报(自然科学版), 2003, 39(4): 455— 461.

[11] LI H, REYNOLDS J F. A new contagion index to quantify spatial pattern[J] . Landscape Ecology, 1993, 8: 155— 162.

[12] 李哈滨, 武业刚. 景观生态学数量方法 //刘建国. 当代生态学博论[M] . 北京: 中国科学技术出版社, 1992: 209— 233.

[13] O`NEILL R V, KRUMMEL J R, GARDNER R V, et al. Indices of landscape pattern[J] . Landscape Ecology, 1998, 1(3): 153— 162.

Landscape Pattern of Taishan Mountain and Its Spatio-Temporal Variation

GUO Luo, YU Shi xiao

(School of Life Sciences, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Based on landsat TM images in the years 1986 and 2001, the spatial and temporal variation of landscape pattern were studied with the aids of 3S techniques in Taishan Mountain, Shandong province. The result indicated that the anthropogenic disturbances was the basic factor that led to the significant change of landscape pattern during the past fifteen years. The plantation of conifer forest in the late 1980's and human disturbances increased the landscape diversity in the whole region and enhanced the fragmentation of the landscape in the parts of the area. The result also indicated that landscape pattern has apparent spatial and temporal variation. The landscape diversity changed obviously with the altitude increases.

Key words: landscape pattern; diversity; spatial and temporal variation; 3S techniques

(上接第 57 页)

Ethylene Polymerization with A Nickel(II) Acenaphthenequinonediimine Complex and Its Combination with TiCl₄

HU Yang jian, WANG Hai hua

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: A new nickel (II) bis (2-biphenyl) acenaphthenequinonediimine complex was synthesized. It was examined for ethylene polymerization in combination with different alkylaluminium co catalysts. In the presence of AlEt₂Cl, this complex exhibited high catalytic activity for ethylene oligomerization. Three catystic systems were obtained by combining it with TiCl₄ by different ratios and supporting on SiO₂ /MgCl₂. Results showed that these combined catalysts could catalyze ethylene polymerization to produce branching polyethylene. The influences of various polymerization conditions, including the temperature, [Al] / ([Ni] + [Ti]) molar ratio on the catalytic activity, degree of branching and branch length of PE were investigated.

Key words: nickel diimine complex; complex support; branched polyethylene; diethylaluminum chloride