

人为干扰对秦岭火地塘林区景观格局的影响

王 斌¹, 张硕新², 杨校生¹

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 西北农林科技大学林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以秦岭火地塘林区 1958 年、1988 年和 2004 年森林资源二类调查资料为主要数据源, 利用景观结构分析软件, 分析比较该林区 3 个时期景观格局变化情况, 探讨人为干扰对林区景观格局的影响。研究表明: 火地塘林区高强度的外界干扰, 增加了该地区的景观多样性和丰富度; 干扰形成的次生森林景观比原生森林景观类型数增多, 同时引起部分景观类型的消长变化; 森林采伐后林区景观分维数降低, 斑块形状变得规则, 但随着植被的恢复, 各景观类型的斑块形状逐渐复杂, 景观的异质性增加。火地塘林区景观格局的变化充分反映了外界干扰对森林景观格局的影响, 以及森林自主恢复的动态过程。

关键词: 火地塘林区; 景观格局; 动态变化

中图分类号: S718.5

文献标识码: A

Dynamics of Landscape Pattern at Huoditang Forest Region

WANG Bin¹, ZHANG Shuo-xin², YANG Xiao-sheng¹

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China;

2. College of Forestry, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: Using the data of forest resources inventory at Huoditang forest region in the Qinling Mountains in 1958, 1988 and 2004, GIS techniques and quantitative analysis of landscape were adopted to study the landscape types, feature, dynamic of patterns and the influence of human interferences on the landscape patterns during the three periods. The results showed that the landscape biodiversity and species richness increased by intensified external interferences and the types of secondary landscape were more than those of primary ones. The landscape types degenerated or disappeared after serious artificial disturbances, while the extents of some landscape types increased or appeared. Forest cutting made the patch fractal index decreasing and the patch shape becoming regular. But with the forest vegetation restoration at Huoditang forest region, the patch shape of various landscapes became irregular, and landscape heterogeneity started to increase. This reflects the influence of external interference to the forest landscape pattern and the dynamic process of forest independent recovery.

Key words: Huoditang forest region; landscape pattern; dynamics

干扰是自然界中无时无处不在的一种现象, 直接影响着生态系统的演变过程^[1-2]。目前, 已有许多生态学家认识到, 各种类型的干扰是自然生态系统演替过程中一个重要的组成部分, 许多植物群落和物种的形成及演替与干扰具有密切关系, 尤其在自然更新方面, 干扰具有不可替代的作用^[3]。自然

干扰通常包括火、风暴、地壳运动、洪水、病虫害等; 人为干扰通常包括烧荒种地、森林砍伐、放牧、施肥、修建大坝、道路、土地利用调整等^[4-7]。Romme^[8]对过去 200 年美国黄石国家公园亚高山森林火灾和景观多样性的研究表明: 黄石亚高山森林生态系统是一个非稳定态的系统, 其表现主要为景观组成和多

样性长期的循环变化; Mary^[9]应用不同时期的遥感影像研究美国确夸美光国家公园过去29年景观格局变化,结果显示:森林经营和自然干扰是该地区景观格局变化的主要原因;郭砾等^[10]对1986—2001年间泰山风景区景观格局动态的研究显示,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。总的来看,干扰改变景观格局,同时又受制于景观格局,是景观异质性、景观稳定性的主要来源之一^[10-12];人类对自然景观的干扰随着人口数量的增长和经济发展,影响不断加剧^[4]。

秦岭是以森林为主体的山地森林生态系统,也是我国南水北调中线工程的主要水源区。1958年的秦岭火地塘林区很少受到外界干扰,经过长期的自然演替,形成了以桦木(*Betula albo-sinensis* Burk.)林,山杨(*Populus davidiana* Dode)林和油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)林为主的原生森林景观格局,合理的森林结构发挥着保持水土、涵养水源的巨大功能。经过20世纪60—70年代的采伐,火地塘林区的原生森林植被基本被破坏,经过30多年的恢复,在自然演替和人工抚育的共同作用下,林区景观格局发生了明显变化,到2004年该地区基本形成以华山松(*P. armandi* Franch.)林、硬阔叶林和桦木林为主的次生森林景观格局。为评价人类干扰对火地塘林区景观格局的影响,本文以火地塘林区1958年、1988年和2004年森林资源二类调查资料为主要数

据源,分析比较不同时期林区主要景观类型空间格局与异质性的变化,以期揭示人类干扰对森林景观格局变化影响的程度和范围,探索森林景观格局动态变化规律,为火地塘林区森林资源的合理开发、可持续利用以及自然资源保护提供科学依据,同时为政府部门制订林业可持续发展的相关政策与措施提供科学参考。

1 研究区概况

秦岭是长江和黄河两大水系的分水岭,也是我国暖温带与亚热带气候的分界线。火地塘林区地处秦岭南坡中段,位于陕西省安康市宁陕县境内(图1),地理坐标为33°18′33″N, 108°21′108″E,海拔800—2500 m,总面积21.9726 km²,受季风影响属亚热带季风气候,为湿润气候区。林区年平均气温8—10℃;年平均降水量900—1200 mm,降水多集中在7、8、9月,其降水量占全年降水量的50%,最大降水量的海拔高度为2100 m^[13];年蒸发量约800—950 mm;年日照时数1100—1300 h;年积温2200—3100℃;无霜期平均199 d,最长216 d,最短140 d。这种雨季和温暖同期且与生长季节一致的气候条件,适宜于多种林木的生长和发育。陕西秦岭森林生态系统国家野外科学观测研究站建于火地塘林区。

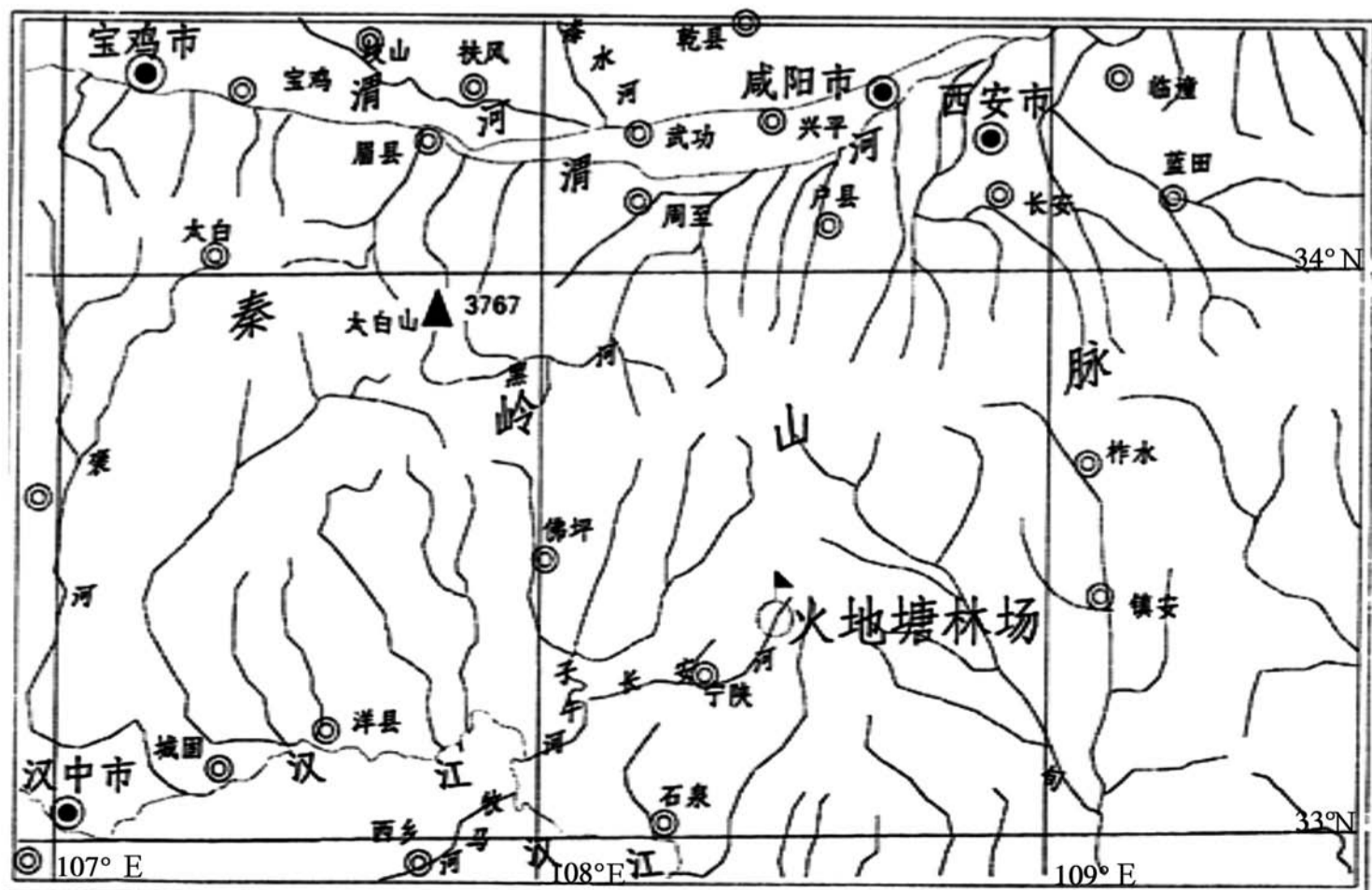


图1 火地塘林区相对地理位置图

2 研究方法

2.1 景观类型划分的原则

参考森林经营中林地类型划分的原则与标准^[14], 将 1958 年、1988 年和 2004 年火地塘林区 1 级景观划分为 7 个类型: 有林地、疏林地、灌木林地、未成林造林地、无林地、非林业用地和苗圃地。在 1 级分类的基础上, 依据优势树种, 将该林区 1 级景观分类中的有林地划分为 15 个类型: 华山松林、柞木林、冷杉 (*Abies fargesii* Franch.) 林、锐齿栎 (*Quercus aliena* Blume var. *acuteserrata* Maxim.) 林、铁杉 (*Tsuga chinensis* Pritz.) 林、油松林、云杉 (*Picea asperata* Mast) 林、卜氏杨 (*P. purdomii* Rehd.) 林、柳 (*Salix* spp.) 林、山杨林、落叶松 (*Larix principis-rupprechtii* Mayr.) 林、软阔叶林、硬阔叶林、水杉 (*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng) 林和青杆 (*P. wilsonii* Mast) 林, 从而形成该林区的 2 级景观分类结果。

2.2 图形数据处理

以 1958 年、1988 年和 2004 年火地塘林区森林资源二类调查资料为主要数据源。1958 年资料包括分辨率为 1 102 00 的航空像片, 比例尺为 1 100 00 的地形图和 1 500 00 的林相图, 依据森林资源二类调查结果, 通过航空像片判读, 以地形图为底图, 结合 1 500 00 的林相图, 利用相似网格法进行转绘, 形成 1958 年 1 100 00 的土地利用现状图。1988 年资料包括火地塘林区林相图和森林资源分布图 (比例尺为 1 250 00)。2004 年资料包括火地塘林区林相图和森林资源分布图 (比例尺为 1 100 00)。在地理信息系统软件 ArcGIS 环境下, 数字化火地塘 1958 年、1988 年和 2004 林相图, 按斑块划分标准输入各小斑的属性信息, 利用 ArcGIS 的空间分析功能对属性相同的相邻斑块进行融合, 生成像元大小为 5 m × 5 m 的 grid 文件, 利用景观结构分析软件 Fragstats 计算相关景观指数。

2.3 景观指数计算方法

本文使用的景观指数计算方法如下^[3, 15-16]:

$$(1) \text{ 景观斑块数: } NP = N \quad (1)$$

式(1)中: N 为景观中斑块的总数, 取值范围: $NP \geq 1$, 无上限。

$$(2) \text{ 类型斑块数: } NP_i = N_i \quad (2)$$

式(2)中: N_i 为某 1 类景观类型的斑块数。

斑块数常被用来描述整个景观的异质性, 其值大小与景观的破碎度有很好的正相关性, 一般规律

是 NP 大, 破碎度高; NP 小, 破碎度低。

$$(3) \text{ 斑块丰富度: } R = T \quad (3)$$

式(3)中: T 为景观中斑块类型的总数。

$$(4) \text{ 景观形状指数: } SI_i = P_i / \sqrt{A_i} \quad (4)$$

式(4)中: SI_i 是第 i 类景观要素斑块的形状指数, P_i 是第 i 类景观要素斑块的周长, A_i 是第 i 类景观要素斑块的面积。形状指数一般都大于或等于 1, 数值越大, 说明形状越复杂或越扁长, 偏离圆形越远。

(5) Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H = - \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i \quad (5)$$

式(5)中: H 是多样性指数, 其值越大, 表示景观的多样性越大, m 为景观中斑块类型的总数目, P_i 是第 i 类斑块占景观总面积的比例。

(6) 景观优势度指数:

$$D = H_{\max} - H = \ln N + \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \quad (6)$$

式(6)中: H 为 Shannon-Wiener 多样性指数, H_{\max} 是其最大值, N 为研究对象景观要素类型总数。

(7) 景观均匀度指数:

$$E = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{- \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i}{\ln N} \quad (7)$$

式(7)中: H 为 Shannon-Wiener 多样性指数, H_{\max} 是其最大值, N 为研究对象景观要素类型总数。

景观多样性指数的大小反映了景观要素的多少和各景观要素所占比例的变化; 优势度指数表示景观多样性对最大多样性的偏离程度, 或描述景观由少数几个主要景观类型控制的程度; 均匀度指数用于描述景观中不同景观类型的分配均匀程度, 均匀度指数和优势度指数一样, 也是描述景观由少数几个主要景观类型控制的程度, 这 2 个指数可以彼此验证。

$$(8) \text{ 景观分维数: } F = 2 \ln(P_i A_i) / \ln A_i \quad (8)$$

式(8)中: F 为分维数; P_i 为某 1 类景观类型的斑块周长; A_i 为景观类型 i 的斑块面积。 F 值的理论范围为 1.0 到 2.0, 1.0 代表形状最简单的正方形斑块, 2.0 表示等面积下周边最复杂的斑块。

(9) 景观聚集度指数:

$$C = C_{\max} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad (9)$$

式(9)中: C_{\max} 是聚集度指数的最大值 $[2 \ln(n)]$, n 是景观中缀块类型总数, P_{ij} 是缀块类型 i 与 j 相邻的概率。 C 的取值越大, 则代表景观由少数团聚的大斑块组成; C 值小, 则代表景观由许多小斑块组成。

(10) 景观连接度指数:

$$COHESION = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n P_{ij}}{n} \times 1 - \frac{1}{A} \times 100$$

(10)

式(10)中: P_{ij} 为斑块直径, a_{ij} 为斑块面积, A 表示景观中生态系统总面积。连接度指数用于描述景观中同类斑块联系程度。

以上 10 个景观指数, 总体上可分为 3 类, 一类是反映景观结构单元特征的指数, 如景观斑块数、类型斑块数、斑块丰富度和景观形状指数; 一类是反映景观多样性的指数, 如 Shannon-Wiener 多样性指数、

景观优势度指数和景观均匀度指数; 一类是反映景观异质性的指数, 如景观分维数、景观聚集度指数和景观连接度指数。

3 结果与分析

3.1 不同时期火地塘林区景观格局总体特征比较

1958 年、1988 年和 2004 年火地塘林区 1 级分类和 2 级分类景观格局见图 2, 景观格局总体特征指数见表 1。由于不同时期林相图比例尺不一致, 成图后林区总面积存在一定误差, 但相对于总面积而言, 这类差异可以忽略, 因此本文在此不考虑图面误差对分析结果的影响。

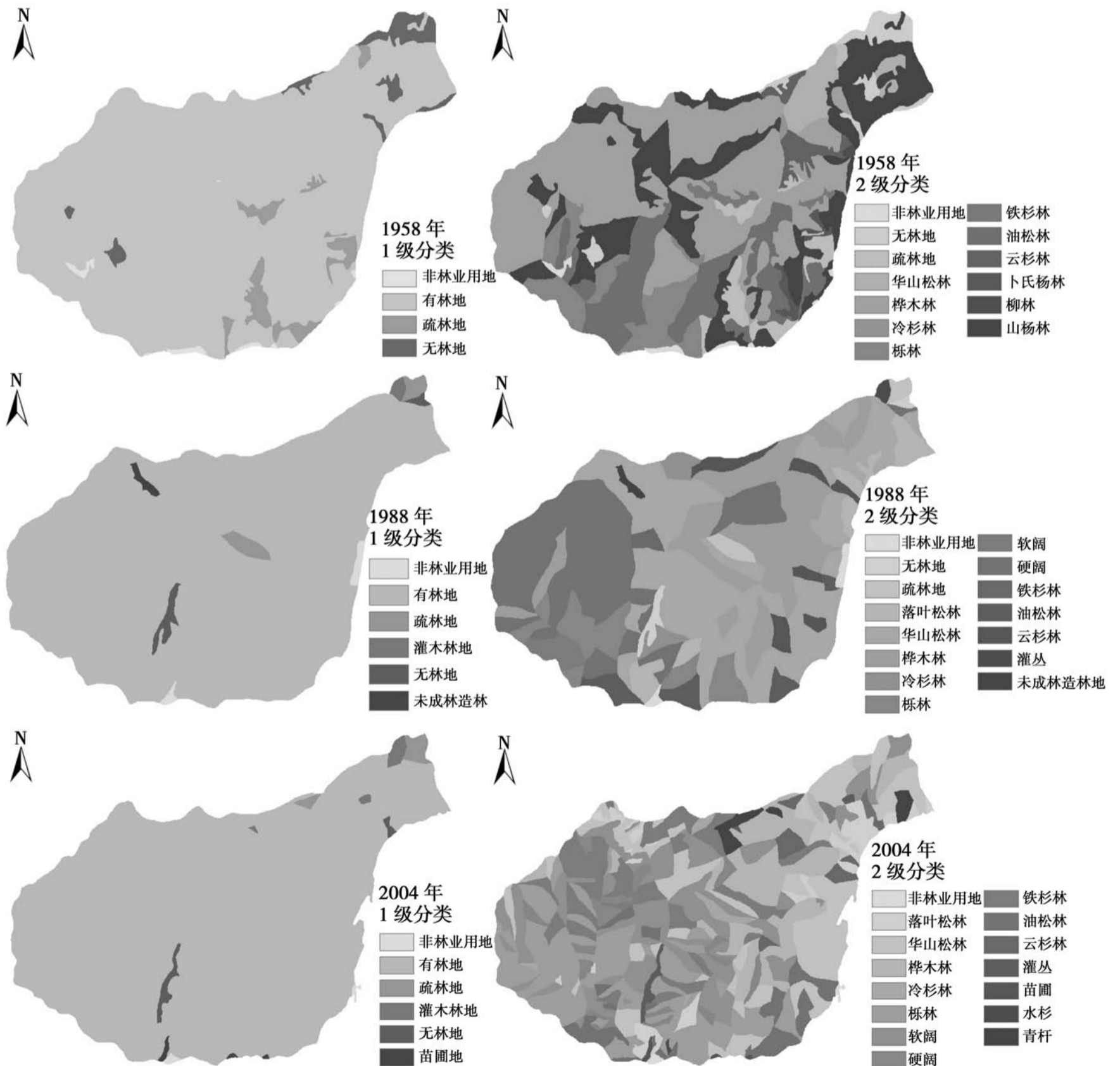


图 2 不同时期火地塘林区 1 级分类(左侧)和 2 级分类(右侧)景观格局

表 1 不同时期火地塘林区景观格局总体特征分析

项目	景观分类					
	1 级分类			2 级分类		
	1958 年	1988 年	2004 年	1958 年	1988 年	2004 年
总面积 /km ²	22.81	22.07	21.97	22.81	22.07	21.97
景观斑块数/块	24	9	13	69	54	165
斑块丰富度	4	6	6	13	15	17
景观形状指数	3.420 2	2.139 9	2.174 7	8.681 6	6.553 7	11.528 0
Shannon-Wiener 多样性指数	0.341 4	0.202 3	0.161 7	1.763 0	1.885 4	2.181 5
景观均匀度指数	0.246 3	0.112 9	0.090 2	0.687 4	0.696 2	0.770 0
景观分维数	1.119 5	1.092 6	1.089 1	1.119 7	1.083 7	1.097 3
景观聚集度指数	86.744 0	94.057 0	95.223 0	63.674 0	63.784 0	58.975 0
景观连接度指数	99.916 0	99.952 0	99.954 0	99.517 0	99.641 0	99.168 0

从表 1 可以看出: 不同时期林区单位面积景观斑块数存在较大差别。1 级分类时, 1958 年单位面积景观斑块数最多, 景观表现出较高的破碎化, 而 1988 年景观的破碎化程度有所降低, 主要是由于 20 世纪 60—70 年代的森林主伐, 使得林区景观异质性降低。1988 年到 2004 年间, 林区基本没有采伐, 森林得到休养, 随着森林植被的自然演替, 景观破碎化程度又呈现增加的趋势。2 级分类时, 由于 2004 年小斑划分过细, 因此景观斑块数及单位面积的景观斑块数增加较快, 但是总体变化趋势和 1 级分类是一致的。通过比较景观形状指数和景观分维数可以看出, 1958 年的原生森林景观斑块形状复杂, 多为扁长形状, 代表着某些景观流的走向, 对穿越景观扩散的动植物具有至关重要的作用。森林采伐后, 斑块形状趋于规则, 这点从 1988 年的景观形状指数和景观分维数可以看出, 而后随着植被恢复, 斑块形状逐渐变得复杂。

人类干扰使得林区的斑块丰富度增加, 1 级分类和 2 级分类时 1988 年和 2004 年的斑块丰富度均比 1958 年的大。比较 Shannon-Wiener 多样性指数和景观均匀度指数可以看出, 1 级分类和 2 级分类这 2 个指数的变化趋势刚好相反。1 级分类时, Shannon-Wiener 多样性指数和景观均匀度指数均呈下降趋势, 主要是由于 1958 年存在较多的景观镶嵌体(主要是农田景观), 森林采伐后基本消失, 使得景观的多样性和均匀度明显降低。2 级分类时, 景观的多样性和均匀度逐渐增加, 20 世纪 60—70 年代的森林大规模破坏, 造成生境的破碎化, 而后种植结构单一的人工林生态系统, 形成了火地塘林区极为多样化的景观变化模式, 其结果虽然增加了斑块丰富度, 但却给物种多样性的保护造成了极大的困难。这点从 1958 年火地塘林区大面积分布的山杨

林, 现在已基本消失, 同时红桦和光皮桦的种群逐渐在消退可以看出。

1 级分类时, 1988 年和 2004 年的景观连接度指数比 1958 年的高, 主要是由于森林采伐后随着人工种植及天然更新, 林区有林地斑块不断扩张, 与其它景观类型合并, 形成更大面积的有林地。2 级分类的景观连接度指数以 1988 年最高, 之后开始下降, 这与 2004 年小斑划分过细以及外界干扰减弱有一定关系。由此可见, 无序的外界干扰, 使得林区原本分散的斑块连接、合并, 但是随着干扰的减弱, 景观之间的连接度开始降低, 相应的景观多样性增加。1 级分类时, 1958 年林区景观由许多离散的小斑块组成, 因此景观聚集度指数较小, 1988 年到 2004 年间, 不同斑块间聚集的程度明显增加, 这主要是有林地面积一直呈现增加趋势的缘故。2 级分类时, 1988 年较 1958 年景观聚集度指数高, 一方面是采伐使得 1988 年各斑块的先锋树种趋于一致, 另一方面是这一时期种植了不少人工林, 树种比较单一。到 2004 年, 随着植被的更新与演替, 1988 年占优势的树种慢慢被别的树种代替, 植被处于进展演替, 不同森林植被占据不同的生态位, 因此这一时期表现出较低的景观聚集度指数。

3.2 1 级分类林区不同景观类型特征分析

1958 年、1988 年和 2004 年火地塘林区 1 级分类不同景观类型的斑块多样性、景观多样性和景观异质性见表 2 和表 4。

从表 2 可以看出: 1958 年火地塘林区主要的景观类型为有林地、无林地、疏林地和非林业用地; 1988 年新增了 2 个景观类型, 分别是灌木林地和未成林造林地; 到 2004 年未成林造林地消失, 出现了苗圃地。不同时期有林地面积占林区总面积不同, 1958 年为 92.33%, 1988 年上升到 96.51%, 2004 年

则为 97.34%。总体来说,林区有林地面积在逐渐增加。疏林地、无林地和非林业用地的面积占林区总面积的比例刚好和有林地相反,呈现逐年减少的趋势,而灌木林地面积有进一步增加的趋势。这些

景观类型的转变,主要和人类活动密切相关,森林采伐形成未成林造林地,人工种植形成苗圃地,人类干扰在火地塘林区景观格局变化中起着重要作用。

表 2 不同时期 1 级景观分类的斑块多样性

景观类型	1958 年			1988 年			2004 年		
	总面积 / km ²	比例 / %	景观斑块数 / 块	总面积 / km ²	比例 / %	景观斑块数 / 块	总面积 / km ²	比例 / %	景观斑块数 / 块
有林地	21.06	92.33	2	21.30	96.51	1	21.39	97.34	1
疏林地	0.89	3.92	7	0.29	1.32	2	0.20	0.92	2
灌木林地	-	-	-	0.07	0.31	1	0.13	0.61	3
苗圃地	-	-	-	-	-	-	0.05	0.21	3
未成林造林地	-	-	-	0.08	0.34	1	-	-	-
无林地	0.70	3.07	8	0.21	0.93	2	0.15	0.70	2
非林业用地	0.15	0.68	7	0.13	0.58	2	0.05	0.22	2

注:“-”表示该时期没有该景观类型。

不同时期各景观类型的景观斑块数也存在较大差异,1958 年林区无林地斑块数最多,其次是非林业用地和疏林地。无林地主要是林中空地,由荒弃农田和烧垦形成,非林地主要是由农田组成,这种景观格局的形成,与 1958 年林区居民的生产活动是分不开的。到 1988 年,上述 3 种景观类型都减少到 2

个,成为整体景观的镶嵌体,2004 年这种格局没有太大的变化。形成这种变化的主要原因是由于林区居民逐渐离开,很多农田景观消失,现存于林区的无林地和非林业用地,主要是无法造林的荒山荒地、新路道班和实习基地,这些景观类型将长期存在于林区。

表 3 不同时期 1 级景观分类的景观多样性

景观类型	1958 年			1988 年			2004 年		
	Shannon-Wiener 多样性指数	景观优势度指数	景观均匀度指数	Shannon-Wiener 多样性指数	景观优势度指数	景观均匀度指数	Shannon-Wiener 多样性指数	景观优势度指数	景观均匀度指数
有林地	0.013 2	2.551 7	0.005 1	0.000 0	2.708 1	0.000 0	0.000 0	2.833 2	0.000 0
疏林地	1.540 3	1.024 6	0.600 5	0.669 9	2.038 2	0.247 4	0.556 8	2.276 4	0.196 5
灌木林地	-	-	-	0.000 0	2.708 1	0.000 0	0.697 5	2.135 7	0.246 2
苗圃地	-	-	-	-	-	-	0.882 6	1.950 6	0.311 5
未成林造林地	-	-	-	0.000 0	2.708 1	0.000 0	-	-	-
无林地	1.529 5	1.035 4	0.596 3	0.506 3	2.201 7	0.187 0	0.513 5	2.319 7	0.181 2
非林业用地	1.518 5	1.046 4	0.592 0	0.638 4	2.069 6	0.235 8	0.674 5	2.158 7	0.238 1

注:“-”表示该时期没有该景观类型。

从表 3 可以看出:1958 年疏林地的 Shannon-Wiener 多样性指数最大(1.540 3),而有林地的最小(0.013 2),前者主要由于林区疏林地数量较多,面积较小,且比较均匀地分布在整个区域所致;后者与该景观类型大面积连续分布,林地较为集中有关。1988 年疏林地的 Shannon-Wiener 多样性指数仍最高,其次是非林业用地和无林地,有林地、灌木林地和未成林造林地的多样性最低,均只有 1 块斑块。1958 年和 1988 年景观的多样性基本一致,到 2004 年景观的多样性格局则发生了较大变化,疏林地的 Shannon-Wiener 多样性指数降低,受人为活动影响,苗圃地呈现出较高的 Shannon-Wiener 多样性指数。

优势度与多样性具有一定相关关系,但其生态涵义又有所区别。优势度描述景观由少数几类斑块

控制的程度,通常较大的优势度对应于一块或几块斑块类型占主导地位景观类型。1958 年林区优势度最大的景观类型是有林地,主要由山杨、桦木等组成;其次是非林业用地,主要是农田。比较不同时期的景观优势度指数可以看出,1958 年到 2004 年间,景观受优势种控制的程度有所增加。1958 年景观均匀度指数除有林地较小外(0.005 1),其余景观类型均大于 0.5,说明其它景观类型分布都比较均匀;与 1958 年相比,1988 年和 2004 年有林地、疏林地、无林地和非林业用地的景观均匀度指数降低明显,景观结构变得复杂。

从表 4 可以看出:1958 年各景观类型的景观分维数大小依次为疏林地 > 有林地 > 无林地 > 非林业用地,其中疏林地和有林地的景观分维数明显高于

无林地和非林业用地,说明疏林地和有林地的斑块形状更加不规则,是自然界长期演替形成的一种复杂结构。3个时期有林地的景观分维数逐渐降低,斑块趋于规则,其它景观类型景观分维数有增加也

有降低,由于面积比例很小,对整体景观的影响不是很大。总体来说,森林采伐后林区的景观分维数在降低,斑块形状变得规则。

表 4 不同时期 1 级景观分类的景观异质性

景观类型	1958 年			1988 年			2004 年		
	景观分维数	景观聚集度指数	景观连接度指数	景观分维数	景观聚集度指数	景观连接度指数	景观分维数	景观聚集度指数	景观连接度指数
有林地	1.134 1	0.970 0	100.000 0	1.080 1	0.970 0	99.998 1	1.079 7	0.961 0	99.998 6
疏林地	1.134 2	0.975 0	98.900 0	1.065 8	0.989 7	98.810 5	1.076 3	0.987 8	98.568 5
灌木林地	-	-	-	1.048 4	0.993 9	98.180 0	1.061 9	0.985 3	97.973 2
苗圃地	-	-	-	-	-	-	1.082 8	0.961 3	96.487 5
未成林造林	-	-	-	1.120 8	0.982 0	98.280 4	-	-	-
无林地	1.110 9	0.974 0	98.700 0	1.129 5	0.976 4	98.699 8	1.136 3	0.971 5	98.477 4
非林业用地	1.110 6	0.955 0	97.300 0	1.096 8	0.980 7	98.151 6	1.109 6	0.966 8	96.852 3

注:“-”表示该时期没有该景观类型。

1958 年景观聚集度指数以疏林地最高,这与该时期疏林地主要集中分布在公路附近的特征相一致,而非林业用地的分布最散,反映农田景观分布的随机性。1988 年灌木林地的景观聚集度指数最高,主要分布在林场东北角低洼地方。2004 年由于林区其它地方新增了零星灌木林地斑块,灌木林地景观聚集度指数有所下降。3 个时期景观连接度指数均以有林地最高,此外,疏林地也具有较高的景观连

接度指数。3 个时期有林地均是林区景观基质,各有林地斑块之间基本相连;而疏林地斑块则是比较集中地分布在一定区域。

3.3 二级分类林区不同景观类型特征分析

1958 年、1988 年和 2004 年火地塘林区 2 级分类不同景观类型的斑块多样性、景观多样性和景观异质性见表 5 和 7。

表 5 不同时期 2 级景观分类的斑块多样性

景观类型	1958 年			1988 年			2004 年		
	总面积 / km ²	比例 / %	类型斑块数 / 块	总面积 / km ²	比例 / %	类型斑块数 / 块	总面积 / km ²	比例 / %	类型斑块数 / 块
华山松林	0.82	3.57	3	7.33	33.22	10	3.99	18.16	29
桦木林	8.96	39.28	8	4.17	18.90	5	2.74	12.49	11
油松林	3.02	13.26	6	0.66	2.99	4	1.26	5.72	14
卜氏杨林	0.21	0.92	2	-	-	-	-	-	-
栎林	1.85	8.12	5	1.43	6.49	5	4.37	19.89	15
柳林	0.03	0.13	1	-	-	-	-	-	-
山杨林	5.37	23.55	17	-	-	-	-	-	-
云杉林	0.51	2.25	2	0.71	3.23	5	0.34	1.55	5
冷杉林	0.04	0.16	1	0.37	1.67	2	0.22	1.02	4
铁杉林	0.25	1.10	2	0.13	0.59	1	2.48	11.29	18
硬阔	-	-	-	5.15	23.32	7	0.87	3.97	14
落叶松林	-	-	-	1.00	4.55	6	0.99	4.51	16
软阔	-	-	-	0.34	1.55	1	3.80	17.28	24
青杆	-	-	-	-	-	-	0.34	1.55	3
水杉	-	-	-	-	-	-	0.01	0.06	1

注:“-”表示该时期没有该景观类型。

从表 5 可以看出:1958 年林区景观类型中面积最大的是桦木林 (8.96 km²),占林区总面积的 39.28%;其次是山杨林和油松林,分别占林区总面积的 23.55% 和 13.26%;面积比较小的是柳林和冷杉林,属于景观中的镶嵌体。1988 年林区景观类型

中面积最大的是华山松林 (7.33 km²),占林区总面积的 33.22%;其次是硬阔叶林和桦木林,分别占林区总面积的 23.32% 和 18.90%。2004 年林区景观类型中面积最大的是栎林,占林区总面积的 19.89%;其次是华山松林和软阔,分别占林区总面

积的 18.16% 和 17.28%, 面积最小的是水杉, 仅占 0.06%。1958 年到 1988 年间华山松林斑块面积增加最大, 山杨林斑块面积减少最多。1988 年出现的阔叶混交林景观类型在树种组成上没有明显的优势种, 且分布面积较大, 体现了人为干扰后更新树种类型和组成复杂程度增加。

1958 年火地塘林区有林地 2 级分类共有 10 个景观类型, 其中, 卜氏杨林、柳林和山杨林到 1988 年已经消失。火地塘林区 1988 年共有 10 个景观类型, 保留了 1958 年的 7 个景观类型, 新增加了 3 个景观类型, 分别是落叶松林、软阔叶林和硬阔叶林;

而 2004 年又新增了青杆和水杉两个景观类型。1958 年山杨林、卜氏杨林和柳林的总斑块数为 20, 分布面积大, 它们的消失, 可能是自主恢复能力不强而被自然淘汰。1958 年到 1988 年, 华山松混交林的斑块数增加最为明显, 由 3 个增加到 10 个, 斑块面积比例也由 3.57% 增加到 33.22%, 即与整体景观的相似性增大, 对景观特征的控制能力增加, 说明人为干扰后, 该类型天然更新能力较强, 恢复速度快, 对干扰表现出负反馈效应。到 2004 年, 华山松占优势的斑块数虽然增加了, 总面积却在减少, 但仍是林区景观的主体。

表 6 不同时期 2 级景观分类的景观多样性

景观类型	1958 年			1988 年			2004 年		
	Shannon-Wiener 多样性指数	景观优势度指数	景观均匀度指数	Shannon-Wiener 多样性指数	景观优势度指数	景观均匀度指数	Shannon-Wiener 多样性指数	景观优势度指数	景观均匀度指数
华山松林	0.578 3	1.986 7	0.225 5	1.065 1	1.642 9	0.393 3	2.588 9	0.244 3	0.913 8
桦木林	1.454 4	1.110 5	0.567 0	0.690 4	2.017 6	0.255 0	1.836 1	0.997 1	0.648 1
油松林	1.198 9	1.366 0	0.467 4	1.266 6	1.441 5	0.467 7	2.261 9	0.571 3	0.798 3
卜氏杨林	0.673 0	1.892 0	0.262 4	-	-	-	-	-	-
栎林	1.342 3	1.222 7	0.523 3	1.373 6	1.334 5	0.507 2	1.681 5	1.151 7	0.593 5
柳林	0.000 0	2.564 9	-	-	-	-	-	-	-
山杨林	2.096 2	0.468 8	0.817 2	-	-	-	-	-	-
云杉林	0.559 4	2.005 6	0.218 1	1.525 1	1.182 9	0.563 2	1.357 9	1.475 3	0.479 3
冷杉林	0.000 0	2.564 9	0.000 0	0.687 0	2.021 0	0.253 7	1.039 1	1.794 1	0.366 8
铁杉林	0.549 9	2.015 0	0.214 4	0.000 0	2.708 1	0.000 0	2.496 7	0.336 5	0.881 2
硬阔	-	-	-	0.900 6	1.807 5	0.332 6	2.494 4	0.338 8	0.880 4
落叶松林	-	-	-	0.500 0	2.208 0	0.184 6	2.142 4	0.690 8	0.756 2
软阔	-	-	-	0.000 0	2.708 1	0.000 0	2.461 1	0.372 1	0.868 7
青杆	-	-	-	-	-	-	0.901 9	1.931 3	0.318 3
水杉	-	-	-	-	-	-	0.000 0	2.833 2	0.000 0

注: “-”表示该时期没有该景观类型。

表 7 不同时期 2 级景观分类的景观异质性

景观类型	1958 年			1988 年			2004 年		
	景观分维数	景观聚集度指数	景观连接度指数	景观分维数	景观聚集度指数	景观连接度指数	景观分维数	景观聚集度指数	景观连接度指数
华山松林	1.102 5	0.991 0	99.244 3	1.087 6	0.986 5	99.787 2	1.089 6	0.977 6	99.084 1
桦木林	1.103 5	0.985 1	99.747 2	1.102 1	0.988 6	99.760 1	1.101 5	0.982 3	99.322 8
油松林	1.124 0	0.985 4	99.559 9	1.066 1	0.987 8	98.928 8	1.091 5	0.976 9	98.645 3
卜氏杨林	1.176 3	0.968 2	98.549 0	-	-	-	-	-	-
栎林	1.118 8	0.986 4	99.348 6	1.074 7	0.988 9	99.246 9	1.105 7	0.980 3	99.548 8
柳林	1.026 7	0.995 8	97.232 9	-	-	-	-	-	-
山杨林	1.121 1	0.977 4	99.488 8	-	-	-	-	-	-
云杉林	1.166 6	0.978 4	99.179 6	1.086 5	0.981 6	98.861 6	1.070 4	0.982 2	98.281 8
冷杉林	1.080 6	0.985 9	97.449 2	1.085 4	0.988 0	98.924 0	1.102 6	0.974 7	98.277 9
铁杉林	1.166 0	0.972 7	98.770 9	1.042 9	0.996 0	98.720 4	1.097 2	0.976 9	98.969 6
硬阔	-	-	-	1.079 4	0.992 2	99.719 5	1.105 3	0.968 4	98.214 0
落叶松林	-	-	-	1.081 1	0.985 4	98.898 4	1.104 0	0.970 4	98.555 8
软阔	-	-	-	1.055 2	0.996 3	99.249 2	1.104 2	0.974 0	99.295 2
青杆	-	-	-	-	-	-	1.078 1	0.984 6	98.760 8
水杉	-	-	-	-	-	-	1.113 8	0.966 9	95.656 5

注: “-”表示该时期没有该景观类型。

从表 6 可以看出: 3 个时期 Shannon-Wiener 多样性指数最高的分别是山杨林、云杉林和华山松林, 1958 年山杨林的 Shannon-Wiener 多样性指数明显高于其它景观类型, 斑块数多, 而且分布面积广, 是林区最主要的景观类型。1988 年云杉林斑块数较多, 但是面积较小, 属于景观的镶嵌体, 因此表现出较高的多样性。2004 年由于斑块划分较细, 景观的多样性有所增加, 特别是林区主要景观类型如华山松林、阔叶类的多样性增加比较明显。

不同时期各景观类型的优势度不一样, 1958 年柳林和冷杉林具有较高的景观优势度指数; 1988 年则是铁杉林和软阔叶林的景观优势度指数最高; 2004 年水杉的景观优势度指数最高。华山松林的景观优势度指数 1958 年 > 1988 年 > 2004 年, 整体呈现下降的趋势。桦木林 1958 年到 1988 年景观优势度指数增加, 而后开始下降。总体来说, 1958 年和 1988 年林区景观优势度指数相当, 但到 2004 年, 大部分景观类型优势度指数呈现不同程度的降低。

3 个时期景观均匀度指数最高依次为山杨林、云杉林和华山松林。华山松林、油松林和冷杉林的景观均匀度指数呈现增加的趋势; 华木林、栎林和铁杉林先降低后增加; 云杉林则是先增加后降低。总的来看, 1958 年和 1988 年各景观类型均匀度指数较为接近, 但到 2004 年则呈现明显增加的趋势; 同时, 新增的一些景观类型具有较高的景观均匀度指数。

从表 7 可以看出: 1958 年卜氏杨林的景观分维数最高, 景观形状最不规则。1988 年不同景观类型的景观分维数和 1958 年相比总体呈下降趋势, 这一时期景观分维数最高的是桦木林, 为 1.102 1, 低于 1958 年的 1.103 5。2004 年不同景观类型景观分维数和 1988 年相比, 有的增加有的降低, 但总体表现为增加的趋势。

1958 年景观聚集度指数最高的是柳林, 只有一个斑块, 其次是华山松林, 主要分布在林区的东北角。1988 年景观聚集度指数最高的是软阔和铁杉林, 均只有一个斑块, 其次是硬阔, 主要成片分布在林场西边。2004 年青杆林的景观聚集度指数最高, 主要分布在平和梁地区, 其次是桦木林, 在平和梁以西连片分布。

1958 年桦木林的景观连接度指数最高, 这一时期桦木林是林区景观基质, 均匀分布于林区内。1988 年华山松林的景观连接度指数最高, 其次是桦木林, 这两个景观类型也是这一时期林区的主要景

观类型。2004 年景观连接度指数最高的是栎林。可以看出, 作为林区景观基质的景观类型, 通常具有较高的景观连接度, 一般来讲, 景观所占面积越大, 其景观连接度就越高。

4 结论与讨论

(1) 秦岭火地塘林区景观格局研究表明, 随着时间的推移和人类对林区土地和森林资源利用的程度不同, 导致景观格局的变化, 这种变化不仅表现为景观内各景观要素结构的改变, 而且在景观多样性方面也发生了变化。就整个火地塘林区而言, 森林采伐后林区各景观的斑块形状发生改变, 并向规则方向变化, 说明景观格局受人为影响比较明显。在遭受强烈人为干扰后, 1988 年火地塘林区的生境破碎化程度不是增加了, 而是降低了; 同时, 1958 年到 2004 年间火地塘林区斑块丰富度和 Shannon-Wiener 多样性指数增加, 说明 20 世纪 60—70 年代高强度的外界干扰, 增加了该地区的景观多样性和物种丰富度。

(2) 由于人类强度干扰, 造成火地塘林区一些景观类型退化(如桦木林和油松林)或消失(如山杨林、卜氏杨林和柳林), 一些景观类型范围增加(如华山松林)或出现(如落叶松林、硬阔叶林和软阔叶林)。森林采伐虽然促进了新的树种生长发育, 但却暂时使森林生态系统的演替发生了倒退。火地塘林区采伐后森林植被能够自然恢复, 而且生长状况良好, 说明合理的生态建设, 如植树造林、封山育林、退耕还林, 可以使生态演替向着人们期望的方向发展。

(3) 景观生态学研究的主要目的之一是理解空间格局与生态过程之间的相互作用关系^[17], 景观空间格局的变化, 可进一步影响到景观系统内的物质循环与能量流动, 进而对区域内重要的景观生态过程(景观功能)产生深刻影响。因此, 景观时空变化的研究对于揭示景观演替的机制与规律, 探寻人类活动与生态环境演变之间的关系具有重要意义^[18]。本文在此仅对人为干扰下火地塘林区景观格局动态进行了一定研究, 关于这种变化引起的森林生态系统的生态过程(如水土流失、养分循环)的变化, 则有待进一步的研究。

参考文献:

- [1] arina A. Principles and method in landscape ecology[M]. London: Chapman and Hall, 1998
- [2] 陈利顶, 傅伯杰. 干扰的类型、特征及其生态意义[J]. 生态学

- 报, 2000, 20(4): 581 - 586
- [3] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001
- [4] Fitzgibbon C D. Small mammals in farm woodlands: the effects of habitat, isolation and surrounding land-use patterns[J]. *Journal of Applied Ecology*, 1997, 34(2): 530 - 539
- [5] Vos C C, Chardon J P. Effects of habitat fragmentation and road density on the distribution pattern of the moor frog *Rana arvalis*[J]. *Journal of Applied Ecology*, 1998, 35: 44 - 56
- [6] Kareiva P S, Watts S, McDonald R, *et al.* Domesticated nature: shaping landscapes and ecosystems for human welfare[J]. *Science*, 2008, 316: 1866 - 1869
- [7] Erich T, Flavio V R, Ulrike T. An integrative approach for analysing landscape dynamics in diverse cultivated and natural mountain areas[J]. *Landscape Ecol*, 2009, 24: 611 - 628
- [8] Romme W H. Fire and landscape diversity in subalpine forests of Yellowstone National Park[J]. *Ecological Monographs*, 1982, 52(2): 199 - 221
- [9] Mary K B, Jim L M, Stephen M, *et al.* Disturbance and landscape dynamics in the Chequamegon National Forest Wisconsin, USA, from 1972 to 2001[J]. *Landscape Ecology*, 2004, 19: 291 - 309
- [10] 郭 砾, 夏北成, 余世孝, 等. 人为干扰对泰山景观格局时空变化的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2006, 14(4): 235 - 239
- [11] Rapport D J, Gaudet C, Karr J R, *et al.* Evaluating landscape health: integrating societal goals and biophysical process[J]. *Journal of Environmental Management*, 1998, 53(1): 1 - 15
- [12] Simpson I A, Dugmore A J, Thomson A, *et al.* Crossing the thresholds: human ecology and historical patterns of landscape degradation[J]. *Catena*, 2001, 42(2-4): 175 - 192
- [13] 杨茂生. 火地塘 1962—1985 年气象资料[J]. *西林科技*, 1986(1): 61 - 65
- [14] 于政中. 森林经理学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993: 124 - 125
- [15] 邬建国. 景观生态学 - 格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000
- [16] O'Neill R V, Krummel J R, Gardner R V, *et al.* Indices of landscape pattern[J]. *Landscape Ecol*, 1988, 1(3): 153 - 162
- [17] 邬建国. 景观生态学中的十大研究论题[J]. *生态学报*, 2004, 24(9): 2074 - 2076
- [18] 郭 砾, 杜世宏, 薛达元, 等. 快速城市化进程中广州市景观格局时空分异特征的研究[J]. *北京大学学报: 自然科学版*, 2009, 45(1): 129 - 136

《中国种业》征订启事

《中国种业》是由农业部主管, 中国农业科学院作物科学研究所和中国种子协会共同主办的全国性、专业性、技术性种业科技期刊。该刊系全国中文核心期刊、全国优秀农业期刊。

刊物目标定位: 以行业导刊的面目出现, 并做到权威性、真实性和及时性。覆盖行业范围: 大田作物、蔬菜、花卉、林木、果树、草坪、牧草、特种种植、种子机械等, 信息量大, 技术实用。

读者对象: 各级种子管理、经营企业的领导和技术人员, 各级农业科研、推广部门人员, 大中专农业院校师生, 农村专业户和广大农业生产经营者。

月刊, 大 16 开本, 2011 年将扩大版面, 增加内容。每期 8.00 元, 全年 96.00 元。国内统一刊号: CN 11-4413/S, 国际标准刊号: ISSN 1671-895X, 全国各地邮局均可订阅, 亦可直接汇款至编辑部订阅, 挂号需每期另加 3 元。 邮发代号: 82-132

地 址: (100081) 北京市中关村南大街 12 号中国农业科学院

电 话: 010 - 82105796(编辑部) 010 - 82105795(广告发行部)

传 真: 010 - 82105796 网 址: www.chinaseedqks.cn

E-mail: hinaseedqks@sina.com

chinaseedqks@163.com