

森林景观恢复过程中景观要素空间分布格局及其动态研究

郭晋平, 张芸香

(山西农业大学林学院景观生态研究室, 太谷 030801)

摘要:在 ARC/INFO 支持下,应用空间趋势面分析法,采用统一网格样点取样法,通过对关帝山天然次生林区从 1959 年到 1992 年 4 个时期景观要素空间分布趋势的定量化分析,从高度异质和变化的复杂景观中,揭示了一些不随时间发生根本变化的森林景观空间分布格局及其主要控制因素。研究结果表明,以海拔、坡向和坡度为主要因素形成的立地条件空间格局和人为干扰的空间格局,共同控制着森林景观恢复过程及其空间格局;高海拔带上的森林恢复过程主要受立地条件格局的控制,景观要素的生态潜力高,而较低海拔和沟谷地段的森林恢复过程受人为活动的影响较强,景观要素生态潜力较低;不同海拔带上,坡度和坡向的作用有明显差异;总的来说,研究范围内随着海拔的降低,坡向的作用增强,但在低海拔带上由于人为干扰的作用增强,植被类型分布格局的变化较复杂;坡度对植被类型空间分布的作用以中高海拔带上最强,高海拔带上的作用不明显,中海拔带上的作用也有所下降,而在低海拔带上,由于坡度对人为干扰格局的显著作用和坡度对坡向效应的加强,出现坡度大森林植被分布多的情况。控制人为干扰的强度和蔓延是森林景观恢复和建设规划中不容忽视的重要内容。

关键词:森林景观; 森林恢复; 趋势面分析; 空间格局; 控制因素

Studies on the Dynamics and Distribution Pattern of Landscape Elements in the Forest Landscape Restoration Process in Guandishan Forest Region

GUO Jin-Ping, ZHANG Yun-Xiang (College of Forestry, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(12): 2021~2029.

Abstract:Guandishan Forest region is a typical mountain secondary forest region in North China. All of the original forest has been destroyed by centuries of human activities, especially the clear cutting and man-made forest fire during the Japanese Occupation between 1940 and 1945. After that, the forest landscape is totally in a restoration process. Now, the forest landscape is highly heterogeneous and complicated. So it is a challenge to determine if there is any stable pattern or trend of the landscape elements spatial distribution and what is the dominant affects predominating the pattern. Supported by ARC/INFO, using Spatial Trend Surface Analysis method, dynamics of distribution trends of landscape elements in the process of forest landscape restoration in Guandishan forest region is explored in this paper to grasp the general pattern of forest landscape and the dominant affects which controlling the forest restoration process. The Uniform Grid Sample Point method is used for sampling the basic data to build the trend surface model from ARC/INFO vegetation coverage of the four forest restoration stages. Three types of trend surface models are built for the four stages respectively in the paper. It includes the distribution trend of forest landscape elements along the environment gradients of (1) altitude and slope aspect, (2) altitude and slope gradient, and (3) slope aspect and slope gradient. Comparisons among the models of different stages were made carefully to reveal the general pattern of landscape element distribution and the dominant effects of the environment gradients to the landscape pattern. The results show that, in the scale of the study area, the horizontal position of the site has no obvious effect on the vegetation distribution pattern and forest restoration process. The environment gradient pattern consists of

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30070605);山西省自然科学基金资助项目(20001090)

收稿日期:2001-12-10

作者简介:郭晋平(1963~),男,山西原平人,博士,教授。主要从事森林生态、景观生态和森林资源管理领域的研究。

altitude, aspect and slope, and the anthropogenic disturbance regime is the dominant affects controlling the forest landscape restoration process and pattern in the study area. Forest restoration processes are different in different altitude ranges. Forest restoration process in the high altitude range (2100~2800m) in the study area basically controlled by spatial pattern of site condition with higher ecological potential, but in the low altitude range (1400~1600m) with lower ecological potential, it is controlled basically by anthropogenic disturbance regime. The effects of slope aspect and slope gradient are different in different altitude ranges. Generally, in the study area, with the decrease of altitude the intensity of slope aspect effect on the landscape pattern increases, but at lower altitude range, the changes of vegetation distribution pattern are more comprehensive because of increasing anthropogenic activity. In the altitude range of 2100~2800m, there are large differences of potential value of trend surface between different slope aspects. In the middle altitude range of 1600~2100m, the differences are small. In the low altitude range of 1400m~1600m, landscape pattern is complicated because of the comprehensive effects of slope aspect and slope gradient. In general, the smaller the slope gradient is, the smaller are the differences of vegetation in different slope aspects. The controlling effect of slope gradient is also obviously different in different altitude ranges. The controlling effect of slope gradient is the strongest at middle-higher altitude range. It is not notable at high altitude range, and it is relatively lower at middle altitude range than that at middle-higher altitude range. But at low altitude range, forests are distributed mostly at steep slopes because of anthropogenic disturbance regime controlled by slope gradient and slope aspect effect intensified by slope gradient. In the high altitude range of 2100~2800m, forest are mostly distributed at steeper slope with gradient greater than 15 degree in early stages, gradually the effect of slope gradient on the vegetation distribution pattern became not very obvious. In the middle-high altitude range of 1900~2100m, with the increases of slope gradient from 0 degree to 45 degree, the increasing trace line of vegetation potential value shaped in “∩”. It means that the vegetation potential values are higher in the slope gradient range of 15 degree to 35 degree than in other slope gradient ranges. In the middle altitude range of 1600 ~ 1900m, it is shaped in gently single peaked line with lower vegetation potential values. Down to the low altitude range of 400~ 1600m, there is a higher probability of the forest vegetation at steep slopes. This reflected also that the pattern of environment resource pattern and anthropogenic disturbance regime controlled by topographical pattern has a basic dominant effect on the forest landscape pattern in the study area. So controlling anthropogenic disturbance should be carefully considered as an important aspect of the forest restoration planning.

Key words: forest landscape; forest restoration; trend surface analysis; spatial distribution pattern; controlling effects

文章编号:1000-0933(2002)12-2021-09 中图分类号:Q143 文献标识码:A

森林景观的恢复是全球范围内普遍面临的重大生态环境建设问题。随着景观生态学研究的不断深化,人们已经逐步认识到,森林恢复不仅是个别地块上林分斑块的恢复,更重要的是森林景观整体结构和功能的恢复。同时,森林恢复过程及其次生演替过程也不仅受林地斑块自身立地特征的制约,还受景观整体结构特征、与周围景观要素斑块空间关系以及这些斑块特征的影响^[1~3]。因此,如何准确把握景观要素空间分布的整体趋势和规律,揭示景观要素空间分布格局对森林景观恢复过程的制约和控制作用,是当前森林景观生态研究所面临的一个重要科学问题,也是天然林保护、恢复和建设中面临的一个现实问题,是制定相关技术措施的基础。特别对于由复杂的景观要素镶嵌而成的次生林区景观来说^[4],由于环境因子控制作用和干扰状况的复杂性,景观中景观要素的空间分布规律很不明确^[5],需要从复杂的高度异质性景观中去除局部因素影响,确立景观要素的空间分布规律和整体特征,揭示出景观要素空间分布受环境因子和整体景观格局控制的变化趋势^[5]。

趋势面分析法,除了作为一种特殊的排序方法用来研究植物群落或种群某一属性在一定范围内的地理分布趋势外^[6,7],已经证明是揭示景观要素的空间分布规律的一种有效的数量化分析方法,对于由多种森林群落类型和非林地斑块构成的次生林景观来说,其空间分析和表征能力更加突出^[5]。

关帝山林区是山西境内重要的天然次生林区,其自然地理状况和森林景观在华北石质山地天然次生

林区具有典型代表意义^[5-8]。通过对关帝山林区森林景观恢复过程及其控制机制的研究,应当能够为华北地区石质山地乃至其它类似地区天然次生林区的森林恢复、保护、建设和管理提供有价值的科学依据,为森林景观建设、恢复、保护和管理规划提供奠定理论基础。为此,应用趋势面分析法,通过分期建立景观要素空间分布模型,从复杂的现实景观中揭示出景观要素空间分布的基本特征和变化规律,揭示出在森林景观恢复过程中影响景观格局动态变化的基本要素及其控制机制,为提高当地森林资源管理水平,为林区景观规划和管理提供科学依据。

1 研究地区

本研究的对象以孝文山为中心,包括庞泉沟国家级自然保护区和周围 6 个林场的全部或部分,共计 57200 hm² 范围。研究地区概况参阅参考文献^[5,9]。

2 研究方法

2.1 基础资料收集和整理

搜集了研究地区的地形图和四期航片:①1959 年 1:5 万全色片,放大为 1:2.5 万。②1972 年 1:3 万全色片。③1981 年 1:2 万彩虹红外片。④1992 年 1:5 万彩虹红外片,放大为 1:2.5 万。并收集了部分林相图和经理调查资料,用于辅助航片判读。根据研究对象特点和航片分辨性能,结合研究地区主要森林类型^[9],建立了以植被优势成分为主要依据的景观要素分类系统(见表 1),确定了相应的划分标准和航片解译判读特征。通过航片判读及资料订正,绘制了研究地区各个时期的景观要素斑块图。

表 1 景观要素分类系统及各景观要素生态潜力评分值

Table 1 Landscape element classification system and their ecological potential evaluations			
一级分类 First level	二级分类 Second level	三级分类 Third level	评分 Evaluation
林地 Closed forest	寒温性针叶林 Boreal coniferous forest	落叶松林 <i>Larix</i> -forest	85
		云杉林 <i>Picea</i> -forest	95
		云杉落叶松林 <i>Picea-larix</i> -forest	90
		落叶松云杉林 <i>Larix-picea</i> -forest	92
		杨桦落叶松林 <i>Betula-larix</i> -forest	85
	山地落叶阔叶林 Mountain broad-leaved forest	落叶松杨桦林 <i>Larix-broadleaved</i> -forest	80
		杨桦林 <i>Populus-betual</i> -forest	72
		油松阔叶林 <i>Tabulaeformis-broadleaved</i> -forest	70
	温性针叶林 Temperate coniferous forest	油松林 <i>Tabulaeformis</i> -forest	78
		阔叶油松林 <i>Broadleaved-Tabulaeformis</i> -forest	75
人工幼林 Plantation	人工幼林 Artificial plantation	人工幼林 Atificial plantation	65
疏林 Open forest	疏林 Open forest	疏林 Open forest	60
灌丛 Brush	灌丛 Brush	灌丛 Brush	50
草甸 Meadow	亚高山草甸 Subalpine meadow	亚高山草甸 Subalpine meadow	30
	山地草甸 mountain meadow	山地草甸 Mountain meadow	35
迹地 Slash	新迹地 New slash	新迹地 New slash	43
	老迹地 Old slash	老迹地 Old slash	46
稀疏灌 Thin brush	稀疏灌草丛 Thin brush	稀疏灌草丛 Thin brush	40
耕地 Farmland	沟地 Bottom farmland	沟地 Bottom farmland	20
	坡耕地 Slope farmland	坡耕地 Slope farmland	22
	撩荒地 Abandoned farmland	撩荒地 Abandoned farmland	25
河流 River	河流 River	河流 River	15
村庄 Residential area	村庄 Residential area	村庄 Residential area	8
	裸岩 Bear rocky area	裸岩 Bear rocky area	10
其它 Others	矿区 Mining district	矿区 Mining district	5
	水库 Reservoir	水库 Reservoir	12

2.2 景观要素生态潜力趋势面模型的建立

将景观要素生态潜力定义为景观要素生态功能综合潜力,作为景观要素斑块的基本属性。它是景观要素的植被演替阶段、生物生产潜力及其对环境的影响潜力三者的综合表达,属于间接的、具有相对意义的综合定性概念。为定量评价,采用专家打分综合评定的方法,按百分制为研究地区全部景观要素进行了生态潜力的数量化评分,评分的原则和依据参见参考文献^[5],结果见表 1。采用“航片判读-转绘-校核-清绘”的工作程序,将

制各个时期的景观要素斑块图。在 ARC/INFO 支持下,将地形图和各个时期的景观要素斑块图层录入计算机,建立研究地区地形图和各时期景观数字图层。通过建立统一网格样点图层,并与地形图和各期景观要素斑块图层叠加,取得各样点地理属性数据和景观要素属性数据,建立包括样点号、纵坐标、横坐标、海拔、坡向、坡度、景观要素生态潜力值等数据项数据库。采用型如下式的 2 元 4 次多项式模型,用最小二乘法进行模型参数辨识,分别 1959 年、1972 年、1982 年和 1992 年 4 个时期,以样点的生态潜力值为因变量,分别以样点的水平纵坐标和横坐标、样点的海拔和坡向、样点的坡向和坡度为自变量,建立了景观要素水平分布趋势面模型、景观要素沿海拔和坡向梯度分布趋势面模型,以及景观要素沿坡向和坡度梯度分布趋势面模型,建模过程参见参考文献^[5],然后对各个趋势面模型进行动态分析:

$$Z = a_0 + a_1X + a_2Y + a_3XY + a_4X^2 + a_5Y^2 + a_6XY^2 + a_7X^2Y + a_8X^3 + a_9Y^3 + a_{10}X^4 + a_{11}X^3Y + a_{12}X^2Y^2 + a_{13}XY^3 + a_{14}Y^4$$

3 结果分析

对各期趋势面模型进行比较分析可知,研究地区景观要素沿海拔梯度呈带状分布的格局自 1959 年已有所表现,到 1972 年开始明确,不同时期各坡向上景观要素生态潜力高低顺序与 1992 年^[5]一致,没有发生根本变化,相同海拔不同坡向之间的差异在各时期都很明确,且不同海拔带上坡向之间的差异程度不同。但各时期景观格局的整体差异反映出研究地区在植被内源演替和干扰共同作用下的森林植被恢复过程及其空间格局的变化。

3.1 景观要素沿海拔和坡向梯度分布趋势的变化

为了更明确地说明这些变化,将各期坡向方位角 360°(代表阴坡),不同海拔带上景观要素生态潜力趋势面拟合值制成图 1,将各期 2520m、2030m 和 1680m 三个海拔带上,不同坡向景观要素生态潜力值分别制成图 2、图 3 和图 4。

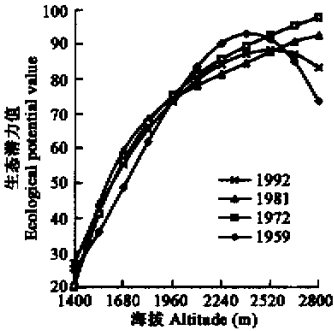


图 1 各时期景观要素沿海拔梯度分布趋势变化
Fig. 1 Comparison of landscape element distribution trend along altitude gradient in the four stages

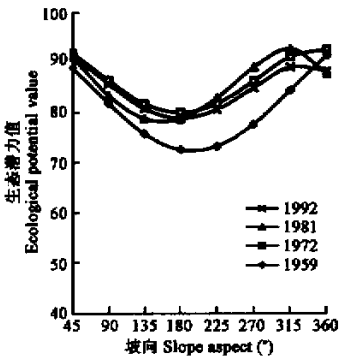


图 2 2520m 海拔景观要素沿坡向梯度分布趋势变化
Fig. 2 Comparison of landscape distribution trend along slope aspect gradient at 2520m of altitude in four stages

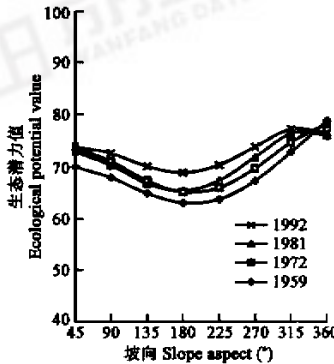


图 3 2030m 海拔景观要素沿坡向梯度分布趋势变化
Fig. 3 Comparison of landscape distribution trend along slope aspect gradient at 2030m of altitude in four stages

由上述万寿菊数据出以下几点。首先,阴坡 60 分等值线的海拔高度,从 1959 年的 1800m 依次下降到 1972 年的 1730m 和 1981 年的 1680m,表明在 1959 年到 1982 年期间,研究地区森林植被由高海拔向较低

海拔有明显的扩展。1992 年又退回到 1720m,则与居民点向低海拔地带集中和面积扩大,以及森林资源管理力度下降有关。其中,寒温性针叶林的扩展不明显,只在 2100m 以上,坡向分布范围略有扩大,在 2400~2600m 形成集中分布带。

其次,各海拔带上的动态特点差异较大。从 1959 年到 1972 年,2100m 以上中高海拔的生态潜力值显著升高,植被生态潜力值随海拔升高的变化曲线斜率增大,都表明在森林恢复初期,高海拔带上,特别是 2400m 以上,寒温性针叶林的恢复对景观格局的变化有显著影响,且华北落叶松林的恢复可能并不需要经过阔叶林过渡阶段。在 1600~1900m 海拔带上,杨桦林恢复较多,景观要素垂直分布带有所分化。1972 年到 1981 年期间,中高海拔范围曲线斜率变小,表明林地在中低海拔 1600~1900m 范围内得到进一步恢复。在 2100~2400m 海拔范围内,山地落叶阔叶林面积的增加使其生态潜力值比 1972 年有所下降。在 1981 年到 1992 年期间,除 2100~2400m 海拔带上部分阔叶林斑块转化为寒温性针叶林外,寒温性针叶林中杨桦落叶松林的增加和云杉林、落叶松云杉林和落叶松林的明显减少,使生态潜力值普遍小幅度降低,与该期间森林资源管理和保护难度加大,保护力度下降有明显的对应关系。

最后,各坡向之间的差异随着海拔的增高而加大,表明在不同海拔带同时存在着两种分布趋势。在较高海拔带,林地由阴坡向半阴坡乃至半阳坡扩展,森林类型也由针叶林为主过渡到以山地落叶阔叶林为主,且增加的寒温性针叶林以杨桦落叶松林居多。在低海拔带,阴坡半阴坡出现较多的非林地,以致于在 1680m 海拔高度上阴坡的生态潜力值低于 60 分。

为了进一步认识森林类型沿海拔和坡向梯度分布的规律及其动态,将样点数据中的非林地样点剔除,按海拔和坡向建立植被生态潜力趋势面模型,并分别阴坡和阳坡分析森林植被沿海拔梯度的分布格局,结果见图 5 和图 6。

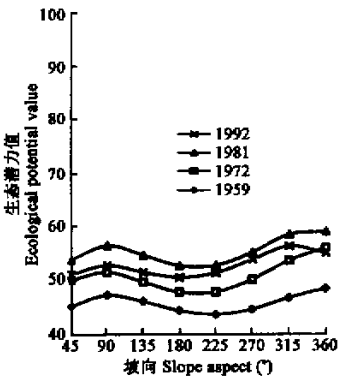


图 4 1680m 海拔景观要素沿坡向梯度分布趋势变化
Fig. 4 Comparison of landscape distribution trend along slope aspect gradient at 1680m of altitude in four stages

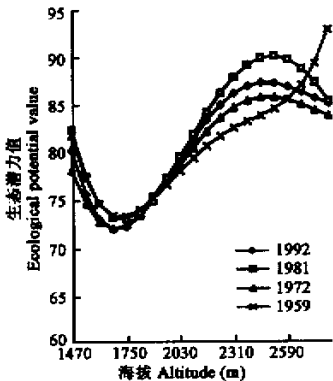


图 5 阳坡景观要素沿海拔梯度分布趋势变化
Fig. 5 Comparison of landscape element distribution trend along altitude gradient at heliophobic slope

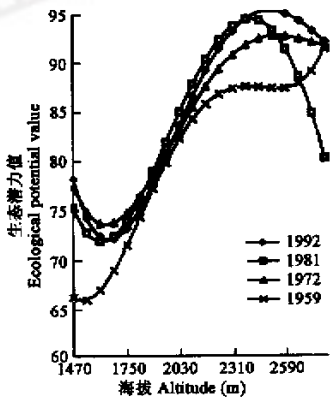


图 6 阴坡景观要素沿海拔梯度分布趋势变化
Fig. 6 Comparison of landscape element distribution trend along altitude gradient at heliotropic slope

由图 5 和图 6 可见,森林类型沿海拔梯度呈带状分布的空间分异很明显,尤以阴坡更显著。1400~1600m 海拔带的生态潜力值反而比 1600~1900m 海拔带高,因为在这一海拔带油松阔叶林较多,并有杨桦林分布,其整体分布的海拔下限高于油松林和阔叶油松林,但其评分值比油松林和阔叶油松林低。同时可以发现,阳坡生态潜力值反而高于阴坡,这也是辽东栎林分布的结果,辽东栎和油松混交林的分布受坡向的限制相对较小,在阳坡半阳坡也有分布,但其面积在整个研究范围内只占较小比例,且由于栎树是当地村民取柴的主要对象,多数属于多代萌生的矮林,生长状况很差。1600~1900m 海拔带的趋势值平缓上升,其生态潜力值为 72~80 分,对应于山地落叶阔叶林分布带,生态潜力值的变率较小,带内垂直分异不明显。但森林植被沿海拔高度呈带状分布的格局自 1972 年后逐步明确,带间分化逐步明显,并处于进一步分化进程中,阴坡与阳坡的海拔带高度一般相差 100m,且随着海拔升高,坡向之间的差距加大。

3.2 景观要素沿坡度梯度空间分布趋势的变化

从景观要素沿坡度梯度分布的整体趋势来看,坡度小于 10°时,各坡向上景观要素生态潜力值较低。坡度 15~45°范围内,随坡度的变化生态潜力值的差异较小,但各时期之间有明显差异。整体变化趋势是,坡度大于 15°时,各坡向的生态潜力值从 1959 年到 1992 年逐步提高,与景观整体变化趋势一致。1959 年和 1972 年,在坡度 20~35°之间出现的峰值,到 1981 年和 1992 年逐步趋于平缓 and 消失,显然是林地逐步向陡坡和急坡上扩展的结果。而平缓坡上生态潜力值较低的总趋势保持不变。

为进一步探讨坡向和坡度对林地不同森林类型空间分布格局及其变化过程的制约作用,将各期样点中非林地样点剔除后,建立森林类型沿坡向和坡度分布的空间趋势面模型。两者相比,剔除非林地样点后,生态潜力值随坡度变化在各坡向上都明显出现峰值。高峰出现在 10~30°之间的坡度范围,其中又以 15~20°之间的生态潜力值最高。

为了比较不同坡向上坡度对森林类型分布的影响,分析景观要素沿坡度梯度的分布规律和变化,分别阳坡和阴坡绘制各时期景观要素生态潜力拟合值随坡度变化曲线,见图 7 和图 8。

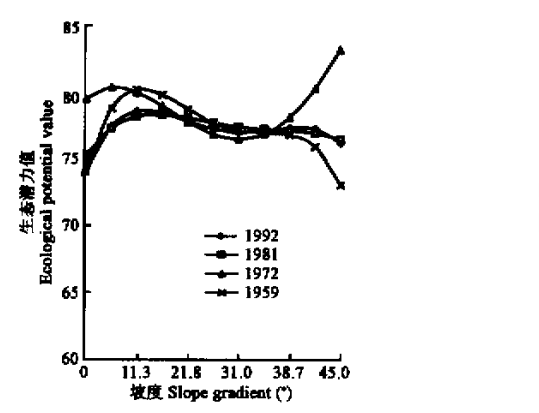


图 7 阳坡景观要素沿坡度梯度空间分布趋势变化
Fig. 7 Comparison of landscape element distribution trend along slope gradient at heliotropic slope

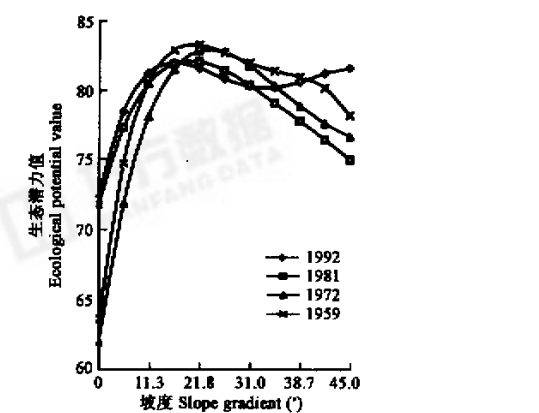


图 8 阴坡景观要素沿坡度梯度空间分布趋势变化
Fig. 8 Comparison of landscape element distribution trend along slope gradient at heliophobic slope

由图 7 和图 8 更明确地说明,自 1959 年以来,森林类型分布在不同坡度之间的差异逐步缩小,在 0~40°坡度范围内坡度对森林类型分布的制约作用逐步减小。但其变化趋势表明,坡度 15~30°立地条件较好,稳定性较高,且受人为活动影响较少,植被生态潜力值相对较高。随着坡度的进一步加大,立地质量下降,森林恢复过程中景观生态潜力值变化较大,而坡度低于 10°时,随着坡度下降,许多地段处于山脊和沟谷,一方面立地条件较差,一方面受人为活动影响较大,人为干扰强度和方式对森林类型的分布产生明显的影响,自 1972 年以来,农业垦殖活动减少使上述低坡度地段的森林得以恢复。

进一步按海拔<1600m,1600~1900m,1900~2100m 和>2100m 将各期林地样点数据分为四组,分别建立趋势面模型,取 4 个时期各海拔带上阳坡及阴坡不同坡度的景观要素趋势值,绘制各海拔带阳坡及阴坡森林植被沿坡度梯度分布趋势曲线,分析不同海拔带上坡度效应的变化。

首先分析 2100m 以上海拔带上阳坡和阴坡景观要素生态潜力的动态变化,结果见图 9 和图 10。

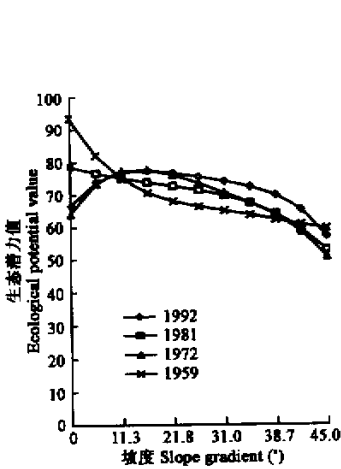


图 9 2100~2800m 海拔带阳坡景观要素沿坡度梯度空间分布趋势变化

Fig. 9 Comparison of landscape element distribution trend along slope gradient at heliotropic slope in altitude range of 2100~2800m

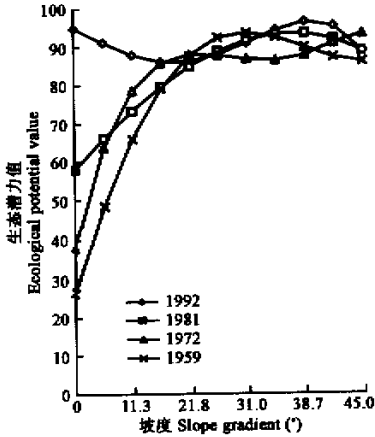


图 10 2100~2800m 海拔带阴坡景观要素沿坡度梯度空间分布趋势变化

Fig. 10 Comparison of landscape element distribution trend along slope gradient at heliophobic slope in altitude range of 2100~2800m

由图 9 和图 10 可见,从 1959 年到 1992 年,森林类型空间分布在不同坡向和坡度间的差异总体上都有所缩小,但不同坡向之间的差别仍很明显。不同坡度的变化特点不同,初期以 15~35°坡度范围趋势值最高,到 1992 年,这一峰状分布格局已基本消失,阴坡的陡急坡上寒温性针叶林分布也很普遍。在阳坡,1959 年除沟谷坡底有森林分布外,在这一高海拔带上几乎没有森林植被分布。此后,首先在 15~25°范围出现森林恢复并逐步扩展,到 1992 年,在 10~30°范围内都出现山地落叶阔叶林。

1900~2100m 海拔带上阳坡和阴坡的动态变化分析结果见图 11 和图 12。

由图 11 和图 12 可见,在 1900~2100m 海拔带上,坡向和坡度对森林类型空间分布的影响略有变化,从 1959 年到 1992 年,始终保持以 15~35°为中心的倒鞍形分布格局,平缓坡(0~15°)和急坡(>35°)的生态潜力值急剧下降。以 1981 年的倒鞍形格局最为典型,反映出受急坡立地质量下降和平缓坡上人为活动频繁双重影响。到 1992 年,由于森林植被向半阴坡、半阳坡拓展,坡向之间的差异缩小,而山地落叶阔叶林面积在这一海拔带上的增加,使其整体趋势值有所降低。

1600~1900m 海拔带上景观要素生态潜力值的变化见图 13 和图 14。

由图 13 和图 14 可见,到 1600~1900m 海拔带,趋势值整体上进一步降低,且植被沿坡度梯度分布格局也发生重大变化,各坡向上都呈抛物线型变化,坡度大趋势值高,坡度越小,趋势值越低。从 1959 年到 1992 年期间,植被生态潜力值沿坡度变化的差异逐步加大。表明这一海拔带上人为活动对植被分布格局的控制作用进一步增强,且人为干扰随坡度下降而增大的趋势控制着植被沿坡度分布的整体格局。同时,自 1959 年以来人为活动对林地破坏的范围有缩小的趋势,并趋向于集中在更小范围内的高强度干扰,使森林分布范围扩展,植被生态潜力值整体上逐步提高,而不同坡度间的差异加大。

1400~1600m 海拔带上阴坡和阳坡景观要素生态潜力的动态变化见图 15 和图 16。

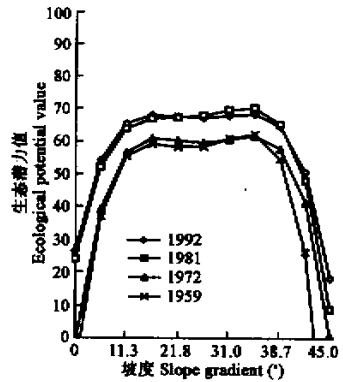


图 11 1900~2100m 海拔带阳坡景观要素沿坡度梯度空间分布趋势变化

Fig. 11 Comparison of landscape element distribution trend along slope gradient at heliotropic slope in altitude range of 1900~2100m

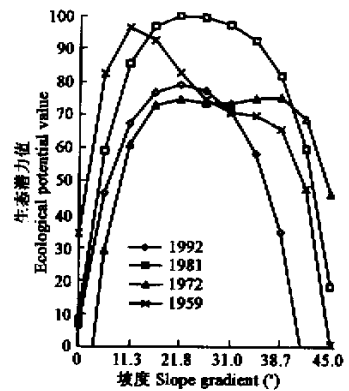


图 12 1900~2100m 海拔带阴坡景观要素沿坡度梯度空间分布趋势变化

Fig. 12 Comparison of landscape element distribution trend along slope gradient at heliophobic slope in altitude range of 1900~2100m

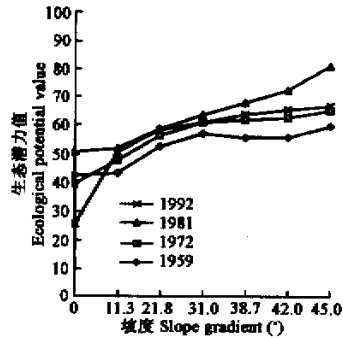


图 13 1600~1900m 海拔带阳坡景观要素沿坡度梯度空间分布趋势变化

Fig. 13 Comparison of landscape element distribution trend along slope gradient at heliotropic slope in altitude range of 1600~1900m

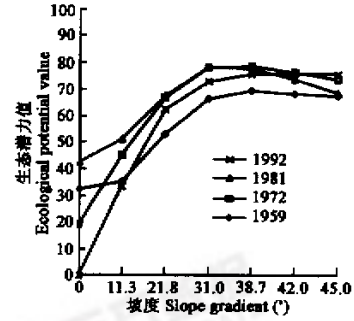


图 14 1600~1900m 海拔带阴坡景观要素沿坡度梯度空间分布趋势变化

Fig. 14 Comparison of landscape element distribution trend along slope gradient at heliophobic slope in altitude range of 1600~1900m

图 15 和图 16 表明,在低海拔带上,由于立地条件和小气候条件的共同作用,加上人为干扰强度加大,森林分布有限,除阴坡的陡坡、急坡部分地段外,更大范围内主要分布着稀疏灌草丛、灌丛和人工植被等。

4 结论

上述结果分析表明,虽然研究地区各时期景观要素的空间分布细节有所变化,但仍能发现以下一些基本规律,没有随时间的变化而发生根本变化。

(1)在本研究的尺度上,水平空间位置对景观格局及动态变化没有明显控制作用,以海拔、坡向和坡度为主要表现形式的空间梯度,形成较为稳定的立地条件空间格局,加上以人为活动为主的干扰状况及空间分布,是研究地区景观结构动态变化的基础和动力,共同控制着森林恢复过程及景观格局的变化。局部海拔、坡向和坡度都对景观要素分布有控制作用,而且在不同海拔高度上坡向和坡度的作用也有差异。

(2)海拔越高植被生态潜力值越高,随着海拔的降低,人为活动对植被沿坡向坡度梯度分布的控制作用增强,由主要受自然条件控制到自然条件和人为干扰双重控制,进一步过渡到主要受人为活动控制。

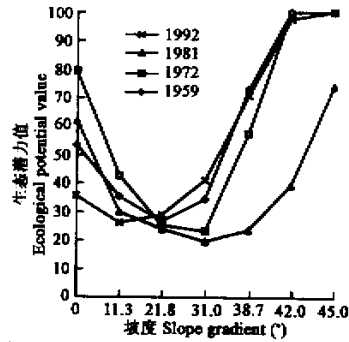


图 15 1600~1900m 海拔带阳坡景观要素沿坡度梯度空间分布趋势变化

Fig. 15 Comparison of landscape element distribution trend along slope gradient at heliotropic slope in altitude range of 1400~1600m

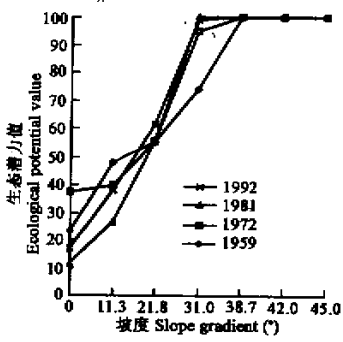


图 16 1600~1900m 海拔带阴坡景观要素沿坡度梯度空间分布趋势变化

Fig. 16 Comparison of landscape element distribution trend along slope gradient at heliophobic slope in altitude range of 1400~1600m

(3)不同海拔带上坡向的差异也有所不同,在 2100~2800m 的海拔带上,由于寒温性针叶林在阴坡上的普遍扩展,坡向差异较大。在 1600~2100m 的中海拔带上,由于寒温性针叶林很少分布,而部分地段半阳坡逐渐有山地落叶阔叶林或温性针叶林恢复起来,而使坡向间的差异缩小。在 1400~1600m 的低海拔带上,坡度越小坡向差异越小,由于陡急阴坡部分地段森林逐步得到恢复,其整体分布格局变化较复杂。

(4)研究地区不同海拔高度上,植被沿坡度梯度的分布格局有明显差异,在 0~45°的坡度范围内,2400~2800m 的高海拔带上,不同坡度对植被类型的影响不显著,2100~2400m 中高海拔带上随着坡度的变化植被生态潜力值呈现“∩”形格局,1600~2100m 的中海拔带上为平缓的单峰态,到 1400~1600m 的低海拔带上,坡度越大,出现森林分布的可能性越大,也反映了由地形格局影响资源环境空间格局和人为干扰的空间格局,进而对景观要素空间分布产生综合控制作用。控制人为干扰的强度和范围是加速研究地区植被恢复进程的重要途径。

参考文献

[1] Forman R T T. *Land mosaic: the ecology of landscape and region*. Cambridge. Cambridge university press, 1995. 3~7.

[2] Franklin J F & Forman R T T. Creating landscape pattern by forest cutting: ecological consequences and principles. *Landscape Ecology*, 1987,1(1): 5~8.

[3] Thomas A S, William J R, et al. Dynamics and pattern of a managed coniferous forest landscape in Oregon. *Ecology*, 1994, 4(3): 555~568.

[4] Guo J P (郭晋平), Yang H X (阳含熙), Zhang Y X (张芸香). Studies on spatial pattern and dynamics for landscape elements in Guandishan forest region, Shanxi China. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese) (生态学报), 1999, 19(4): 468~473.

[5] Guo J P (郭晋平), Wang J T (王俊田), Li S G (李世广). Distribution of landscape elements along environmental gradients in Grandishan forest region. *Acta Phytoecologica Sinica*(in Chinese)(植物生态学报), 2000, 24(2): 135~140.

[6] Yang H X (阳含熙) & Lu Z Y (卢泽愚). *Mathematical classification methods in plant ecology*(in Chinese). Beijing: Science Press, 1981. 316~326.

[7] Zhang J T (张金屯). *Mathematical methods for vegetation ecology* (in Chinese). Beijing: China Science and Technology Press, 1995. 294~298.

[8] Xiao Y (肖扬), Tian S B (田双宝), Ren Z G (任兆光), et al. A study on the relationship between the local climate-geographic gradient and the bio-climatic indices in Guandi Mountains. *Journal of Shanxi Agricultural University* (in Chinese)(山西农业大学学报), 1998, 18(1): 5~9.

[9] Editorial Commission for Shanxi Forests (山西森林编委会). *Shanxi forests*(in Chinese). Beijing: China Forestry Publishing House, 1992. 85~86.