

## 不同经营方式下杨梅林分空间结构比较

黄丽霞<sup>1,2</sup>, 袁位高<sup>2</sup>, 江波<sup>2</sup>, 朱锦茹<sup>2</sup>, 彭佳龙<sup>3</sup>

(1. 浙江林学院 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023;

3. 浙江省仙居县林业局, 浙江 仙居 317300)

**摘要:** 对3种不同经营方式下杨梅 *Myrica rubra* 的混交度和角尺度进行了比较研究, 采用胸径、生物量、冠幅和树高计测大小比数对不同经营方式下杨梅林分空间结构进行分析。研究表明, 集约型杨梅林分的混交度为0, 复合型的平均混交度大于粗放型的平均混交度; 各样地的角尺度平均值为0.564~0.667, 均属于集聚分布格局, 但复合型的角尺度分布图基本上呈正态分布, 所以复合型杨梅更接近于均匀分布; 复合型经营方式下, 杨梅林分的胸径大小比数、生物量大小比数、冠幅大小比数和树高大小比数较其他2种经营方式下分布均匀。复合型经营更有利于生态效益的发挥。在森林经营管理中, 以杨梅为目的树种进行林分配置时, 以树高优势较杨梅弱的下层树种为宜; 择伐时应尽量保留大小比数比最近邻木高的个体。图6表2参13

**关键词:** 森林培育学; 杨梅; 林分空间结构; 混交度; 角尺度; 大小比数

**中图分类号:** S750      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-5692(2009)02-0209-06

## A comparative study on spatial structure of *Myrica rubra* forest under three different managements

HUANG Li-xia<sup>1,2</sup>, YUAN Wei-gao<sup>2</sup>, JIANG Bo<sup>2</sup>, ZHU Jin-ru<sup>2</sup>, PENG Jia-long<sup>3</sup>

(1. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China;

2. Zhejiang Forestry Academy, Hangzhou 310023, Zhejiang, China; 3. Forest Enterprise of Xianju, Xianju

317300, Zhejiang, China)

**Abstract:** We compared *Myrica rubra* forest under three different managements using the analysis of forest spatial structure in Xianju County, Zhejiang Province, where the *M. rubra* is one of the majority economic tree species. The objective of the study was to provide a quantitative description of the spatial structure of the three plots (plot 1 named X1 is intension type; plot 2 named X2 is extensive type and plot 3 named X3 is compound type.), and to present a method for comparative analysis of the three forest sites. The results showed that, the mingling degree of the *M. rubra* on X1, X2 and X3 were 0, 0.208 and 0.336 respectively. The average neighborhood comparison of each plot range from 0.564 to 0.667 all were belong to cluster distribution pattern, but the average neighborhood comparison of the compound forest was closer to normal distribution. Therefore compound *M. rubra* forest is closer to uniform distribution than other two types. The neighborhood comparison measured by diameter at breast height (DBH), biomass, canopy breadth, and tree height under compound type had a slighter fluctuation range than the other two. Compound type is the most beneficial way of the three managements to maximize the ecological benefits. It was possible that increasing individual's DBH to enhance its biomass, and thus, to achieve its predominance status among individual's competition was the main strategy of individual's differentiation. Neighborhood comparison should

收稿日期: 2008-08-25; 修回日期: 2008-09-18

基金项目: 浙江省重大科技攻关项目(2005C12106)

作者简介: 黄丽霞, 从事森林生态学研究。E-mail: huanglixia1983@126.com。通信作者: 袁位高, 研究员, 从事森林培育学和生态学研究。E-mail: zfywg@126.com

also be taken as an instructive reference in modifying the spatial structure of stand. [Ch, 6 fig. 2 tab. 13 ref.]

**Key words:** silviculture; *Myrica rubra*; spatial structure; mingling; neighborhood pattern; neighborhood comparison

林分空间结构是指林木在林地上的分布格局及其属性在空间上的排列方式,也就是林木之间树种、大小和分布等的空间关系。林分空间结构决定了树木之间的竞争势及其空间生态位,它在很大程度上决定了林分的稳定性、发展的可能性和经营空间大小<sup>[1]</sup>。分析和重建林分空间结构是研制新一代林分生长模型的重要基础,也是制订森林经营规划方案的前提,因此,近年来对林分空间结构的研究倍受关注,提出了多种描述林分空间结构的参数<sup>[1-3]</sup>,例如本文利用到的混交度、角尺度和大小比数等。目前,用描述空间结构这3个参数在北方森林群落结构中研究较多<sup>[4-6]</sup>,对于人工林林分空间结构的研究也较为丰富<sup>[7-9]</sup>,在南方松阔混交林的研究中也有报道<sup>[10]</sup>。杨梅 *Myrica rubra* 是浙江省的重点产业,但在杨梅的经营管理过程中出现了生物多样性消失,病虫害危害严重,土壤板结和水土流失等一系列生态问题,同时直接影响了社会效益的提高。虽然在杨梅的培育管理上提倡使用复合肥和林地草灌木再生,但是治标不治本。为了从根本上实现杨梅林的可持续经营和生态管护,必须清楚地了解林分的空间结构现状。笔者利用描述林分空间结构的混交度、大小比数和角尺度等3个参数,为制订和实施杨梅的可持续经营管理提供可释性强的空间结构信息支撑。

## 1 研究地区概况

典型样地设置于浙江省仙居县,位于浙江省东南部,台州市的西部,东连临海、黄岩,南邻永嘉县,西接缙云县,北靠东阳市、磐安县和天台县,地理坐标为 28°51'N, 120°44'E。境内季风性湿润气候,温暖湿润,四季分明,热量充足,雨水充沛。冬季最冷的1月,月平均气温为 5.6℃,最低气温可达-9.9℃;夏季最热的7月,平均气温高达 28.5℃。年平均降水量为 2 000 mm 左右。全年无霜期平均为 240 d。

## 2 研究方法

### 2.1 样方调查

采用罗盘仪闭合导线测量方法(导线闭合差 $\leq 0.005$ ),设置 50 m × 50 m 的典型样地 3 个(选用主观取样法,即选择被认为有代表性的地块作为调查样地;由于是典型大样方,所以未设置重复)。为了消除处于林分边缘树的系统影响,特在样地边线向内退后 5 m 设置缓冲区(实际有效测算面积为 40 m × 40 m)。调查记录典型样地海拔、坡度、坡向和坡位等基本因子(表 1),对样地内的活立木逐株编号,采用全面调查方法确定每株活立木的坐标位置,每木检尺调查因子为胸径、树高、枝下高和冠幅,从而计算出样地各树种林分因子(表 2)。

表 1 样地特征调查表

Table 1 Characteristics of each plot

样地号	海拔/m	坡度/(°)	坡向	坡位	经营方式
1	90	15	W	下	集约型,强度经营管理,以带来经济产出为主
2	160	15	W	下	粗放型,弱度经营管理,基本上无人干扰,只在收获季节进行一定的采收
3	120	13	W	下	复合型,中度经营管理,带来经济效益的同时兼顾生态效益

### 2.2 分析方法

本研究采用  $n = 4$ ,即以参照树及其相邻最近 4 株树组成最小结构单元,3个参数的取值有 5 种可能。其中,大小比数为 1.00(绝对劣势),0.75(劣势),0.50(中),0.25(亚优势),0.00(优势)<sup>[3]</sup>;树种混交度为 0.00(零度混交),0.25(弱度混交),0.50(中度混交),0.75(强度混交),1.00(极强度混交)<sup>[4]</sup>;

表 2 样地各树种林分因子统计

Table 2 Statistics of stand factors of the species occurring in each plot

样地	树种	密度/(株·hm <sup>-2</sup> )	平均胸径/cm	平均树高/m	断面积/(m <sup>2</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	生物量/(kg·hm <sup>-2</sup> )
样地 1	杨梅 <i>Myrica rubra</i>	705	10.10	3.60	5.94	7 164.31
样地 2	杨梅 <i>M. rubra</i>	311	9.10	4.00	1.53	2 707.26
	杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	375	7.60	5.80	1.86	7 204.00
	总计				3.39	9 911.26
样地 3	杨梅 <i>M. rubra</i>	288	9.30	5.70	0.69	1 677.31
	杉木 <i>C. lanceolata</i>	250	7.30	6.00	1.26	5 157.50
	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	97	7.00	6.20	0.68	2 454.10
	柏木 <i>Cupressus funebris</i>	84	4.30	4.80	0.17	550.62
	柿树 <i>Diospyros kaki</i>	25	5.00	3.30	0.10	100.10
	总计				2.90	9 939.63

角尺度为 0.00(绝对均匀), 0.25(均匀), 0.50(随机), 0.75(不均匀), 1.00(集聚)<sup>[4]</sup>。混交度、大小比数和角尺度这 3 个参数使用 Winkelmass 林分空间结构分析软件进行计算分析。参数的计算值保留 3 位有效数字。

2.2.1 混交度分析 树种混交度( $M$ )定义为参照树  $i$  的 4 株最近相邻木中与参照树不属同种的个体所占的比例<sup>[11]</sup>, 用以描述树种的空间隔离程度, 或者说树种组成和空间配置情况(描述非同质性), 用公式(1)表示:

$$M_i = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^4 S_{ij} \quad S_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{参照树 } i \text{ 与相邻木 } j \text{ 非同种} \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (1)$$

2.2.2 大小比数分析 大小比数( $U$ )是大小分化度基础上的改进<sup>[3]</sup>, 指胸径大于参照树的相邻木占 4 株最近相邻木的比例, 用以描述林木个体大小分化程度, 或者说是树种的生长优势程度(描述非均匀性), 用公式(2)表示。 $U_i$  值越低, 说明比参照树大的相邻木越少, 参照树的优势度越大。本文应用胸径、树高、冠幅和生物量来计测大小比数, 即胸径大小比数、树高大小比数、冠幅大小比数和生物量大小比数, 从而描述林分的分化。

$$U_i = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^4 k_{ij} \quad k_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{参照数 } i \text{ 与比相邻木 } j \text{ 小} \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (2)$$

2.2.3 角尺度分析 林木空间分布格局基本有 3 种类型<sup>[12]</sup>: ①随机分布(每个个体的出现具有同等的机会, 个体的分布相互间没有联系, 林木以连续而均匀的概率在林地上分布); ②均匀分布(林木在水平空间均匀等距地分布, 或者说林木对其最近相邻木以尽可能最大的距离均匀地分布在林地上, 林木之间互相排斥); ③集聚分布(林木之间相互吸引, 具有相对较高的超平均密度占据的范围)。

角尺度( $W$ )用来描述相邻树木围绕参照树  $i$  的均匀性。用角尺度可以描述林木个体在水平地面上的分布形式, 或者说是种群的空间分布格局(描述非规则性)<sup>[11]</sup>。任意 2 个最近相邻木的夹角(小角)为  $\alpha$ , 最近相邻木均匀分布时的夹角设为标准角  $\alpha_0$ , 对于  $n = 4$ , 标准角的可能取值范围为 ( $60^\circ, 90^\circ$ ), 在此标准角设为  $72^\circ$ 。角尺度被定义为  $\alpha$  角小于标准角  $\alpha_0$  的个数占 4 个夹角的比例<sup>[9]</sup>, 用公式(3)表示。

$$W_i = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^4 a_{ij} \quad a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{当第 } j \text{ 个角 } a \text{ 小于} \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (3)$$

### 3 结果与分析

#### 3.1 林分分布格局分析

角尺度是一种用于描述林木个体水平地面上分布形式的空间格局参数, 具有很强的解析能力。各

样地角尺度分布见图1。样地1的平均角尺度为0.634, 样地2的平均角尺度为0.667, 样地3的角尺度基本上呈正态分布, 其平均值为0.564。由于随机分布的角尺度取值范围是0.475~0.517<sup>[13]</sup>, 平均角尺度小于0.475则为均匀分布, 大于0.517则为集聚分布。可见, 杨梅林各样地的立木均属于集聚分布格局, 而样地3在复合经营方式下有接近于随机分布的趋势。

### 3.2 林分物种间隔离程度分析

树种的混交程度是构建合理林分的首要前提, 也是近自然森林调整的必要条件。混交度清晰地描述了林分中任意一株树的最近邻木为其他树种的概率, 表征了树种的空间隔离程度。从图2可见, 样地1为零度混交, 样地2的平均混交度为0.208, 接近于弱度混交, 样地3的平均混交度为0.336, 处于亚优势和优势级的都在15%以上, 可见在复合型经营方式下, 林分物种间的隔离程度比较大, 有利于林分的进化。

### 3.3 样地不同变量大小分化程度分析

3.3.1 胸径大小比数 由图3可知, 样地1胸径处于优势和亚优势的分别为21%和25%, 处于中庸状态的为11%, 处于劣势和绝对劣势的都为21%; 样地2胸径处于优势和亚优势的分别为31%和23%, 处于中庸状态的为23%, 处于劣势和绝对劣势的分别为8%和15%; 样地3胸径处于优势和亚优势的分别为22%和20%, 处于中庸状态的为24%, 处于劣势和绝对劣势的分别为16%和18%, 其胸径平均大小比数为0.473。可见, 3个样地中处于中庸状态以上级的为样地2的比例大, 即粗放型经营方式下, 杨梅的胸径大小比数优势度较高; 在复合型经营方式下, 杨梅的胸径在径级上分布较均匀。

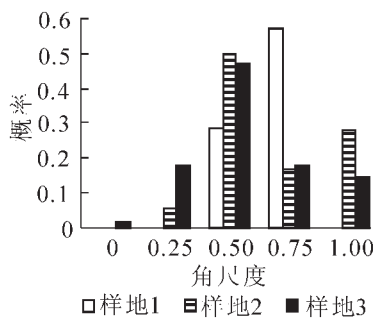


图1 各样地中角尺度分布

Figure 1 Neighborhood pattern distributions in each plot

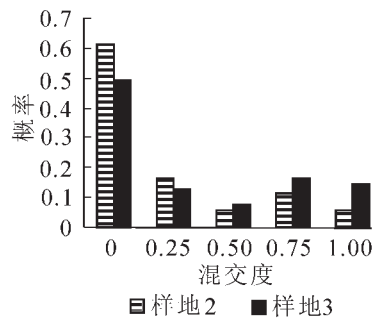


图2 各样地混交度分布

Figure 2 Mingling distributions in each plot

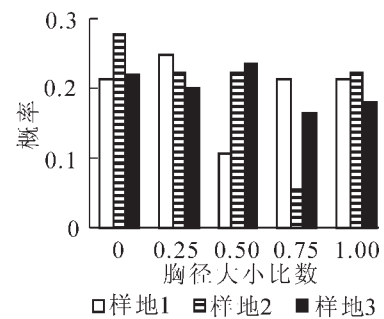


图3 各样地胸径大小比数

Figure 3 Distribution of DBH neighborhood comparison in each plot

3.3.2 生物量大小比数 由图4可知, 样地1生物量处于优势和亚优势的分别为25%和14%, 处于中庸状态的为21%, 处于劣势和绝对劣势的分别为21%和18%; 样地2生物量处于优势和亚优势的分别为31%和23%, 处于中庸状态的为8%, 处于劣势和绝对劣势的分别为15%和23%; 样地3生物量处于优势和亚优势的分别为22%和24%, 处于中庸状态的为16%, 处于劣势和绝对劣势的分别为22%和16%, 其平均大小比数为0.468。可见, 在集约型和复合型经营方式下, 杨梅的生物量在大小上分布较均匀。

3.3.3 冠幅大小比数 由图5可知, 样地1冠幅处于优势和亚优势的分别为25%和14%, 处于中庸状态的为21%, 处于劣势和绝对劣势的分别为18%和21%; 样地2冠幅处于优势和亚优势的分别为23%和38%, 在中庸状态为空缺, 处于劣势和绝对劣势的分别为23%和15%; 样地3冠幅处于优势和亚优势的分别为18%和24%, 处于中庸状态的为16%, 处于劣势和绝对劣势的分别为24%和18%, 其平均大小比数为0.500。可见, 在复合型经营方式下, 杨梅的冠幅分布比较均匀; 但是在粗放型经营方式下杨梅整体冠幅优势度比较高。

3.3.4 树高大小比数 由图6可知, 样地1树高处于优势和亚优势的分别为21%和14%, 处于中庸状态的为21%, 处于劣势和绝对劣势的都为21%; 样地2树高处于优势和亚优势的分别为8%和46%, 处于中庸状态的为8%, 处于劣势和绝对劣势的分别为15%和23%; 样地3树高处于优势和亚

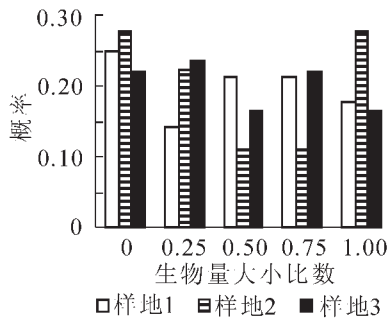


图 4 各样地生物量大小比数

Figure 4 Distribution of biomass neighborhood comparison in each plot

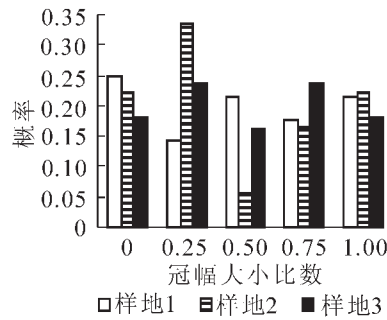


图 5 各样地冠幅大小比数

Figure 5 Distribution of canopy width neighborhood comparison in each plot

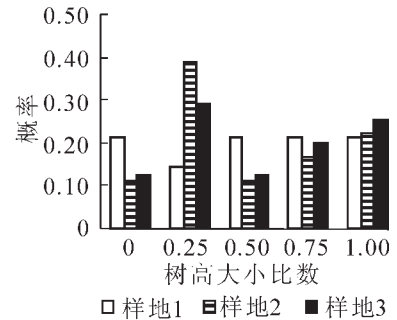


图 6 各样地树高大小比数

Figure 6 Distribution of tree height neighborhood comparison in each plot

优势的分别为 13% 和 29%，处于中庸状态的为 13%，处于劣势和绝对劣势的分别为 20% 和 25%，林分的树高平均大小比数为 0.541。可见，在粗放型经营方式下，杨梅的树高处于亚优势和优势的比例比在其他两种经营方式下的高，而在复合型经营方式下次之。

#### 4 结论与讨论

对 3 种不同经营方式下杨梅林分空间结构的比较研究表明，集约型杨梅林分的混交度为 0，复合型的平均混交度为 0.336，粗放型的平均混交度为 0.208；从各样地的角尺度分布来看林分均属于集聚分布格局；复合型经营方式下林分的胸径大小比数、生物量大小比数、冠幅大小比数和树高大小比数分布比集约型和粗放型分布均匀，但粗放型经营方式下优势度比较高。

复合经营方式下，林分的平均大小比数依次为：树高(0.541)，冠幅(0.500)，胸径(0.473)，生物量(0.468)；粗放经营方式下，林分的平均大小比数依次为：树高(0.500)，生物量(0.472)，冠幅(0.458)，胸径(0.431)；集约经营方式下，林分的平均大小比数依次为：树高(0.518)，冠幅(0.491)，胸径(0.490)，生物量(0.482)。很明显，在复合和集约经营方式下林木的生物量和胸径分化程度大于冠幅、与树高的分化，在粗放型经营方式下，林木胸径分化程度高于冠幅、生物量和树高，说明林木在增强竞争力方面可能主要依靠胸径和生物量的增加来实现。以经营杨梅为主要目标的林分，可以通过多树种的合理配置，在满足杨梅生长所必需环境条件的同时，合理调整林分结构，从而实现林分效益的最大化。

在集约型经营方式下，杨梅的生物量明显远大于粗放型和复合型的，所以从纯粹杨梅生产的角度来看，集约型经营方式能够有效促进杨梅林分的生长；但是 3 种经营方式下林分的总生物量为复合型的最大，因此，从生态功能看，复合型经营更利于生态效益的发挥。

优化林分空间结构有利于可持续经营。在森林经营抚育时，对林分空间结构进行调整时，建议以各树种的特性、竞争状态和所处的演替阶段为依据。如该林分的目的种为杨梅属于阳生树种，又处在演替中期，树木个体需要更多的光照和生长空间，因此应配置树高竞争优势小于杨梅的一些下层树种，在择伐时尽量保留大小比数比最近相邻木高。

#### 参考文献：

- [1] 惠刚盈, 胡艳波. 混交林树种空间隔离程度表达方式的研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14 (1): 177 - 181.  
HUI Gangying, HU Yanbo. Measuring species spatial isolation in mixed forests[J]. *For Res*, 2001, 14 (1): 177 - 181.
- [2] 惠刚盈, VON GADOW K, ALBERT M. 角尺度——一个描述林木个体分布格局的结构参数[J]. 林业科学, 1999, 35 (1): 37 - 42.  
HUI Gangying, VON GADOW K, ALBERT M. The neighborhood pattern——A new structure parameter for distribution of forest tree position[J]. *Sci Silv Sin*, 1999, 35 (1): 37 - 42.
- [3] 惠刚盈, VON GADOW K, ALBERT M. 一个新的林分空间结构参数——大小比数[J]. 林业科学研究, 1999, 35 (1):

- 1 - 6.  
HUI Gangying, VON GADOW K, ALBERT M. A new parameter for stand spatial structure——Neighbourhood comparison[J]. *For Res*, 1999, **35** (1): 1 - 6.
- [4] 胡艳波, 惠刚盈, 戚继忠, 等. 吉林蛟河天然红松阔叶林的空间结构分析[J]. 林业科学研究, 2003, **16** (5): 523 - 530.  
HU Yanbo, HUI Gangying, QI Jizhong. Analysis of the spatial structure of natural Korean pine broad leaved forest[J]. *For Res*, 2003, **16** (5): 523 - 530.
- [5] 汤孟平, 唐守正, 雷相东, 等. 林分择伐空间结构优化模型研究[J]. 林业科学, 2004, **40** (5): 25 - 31.  
TANG Mengping, TANG Shouzheng, LEI Xiangdong, *et al.* Study on spatial structure optimizing model of stand selection cutting [J]. *Sci Silv Sin*, 2004, **40** (5): 25 - 31.
- [6] 张群, 范少辉, 沈海龙, 等. 次生林林木空间结构等对红松幼树生长的影响[J]. 林业科学研究, 2004, **17** (4): 405 - 412.  
ZHANG Qun, FAN Shaohui, SHEN Hailong, *et al.* Influence of the spatial structure of trees, etc. on the young trees of *Pinus koraiensis* under natural secondary forest[J]. *For Res*, 2004, **17** (4): 405 - 412.
- [7] 郝云庆, 王金锡. 崇州林场柳杉人工林空间结构研究[J]. 四川林业科技, 2005, **26** (5): 36 - 41.  
HAO Yunqing, WANG Jinxi. A study of the spatial structure of *Cryptomeria fortunei* plantation in Chongzhou forest farm [J]. *J Sichuan For Sci Technol*, 2005, **26** (5): 36 - 41.
- [8] 郝云庆, 王金锡, 王启和, 等. 柳杉纯林改造后林分空间结构变化预测[J]. 林业科学, 2006, **42** (8): 8 - 13.  
HAO Yunqing, WANG Jinxi, WANG Qihe, *et al.* Preview of spatial structure of *Cryptomeria fortunei* plantation after stand improvemen[J]. *Sci Silv Sin*, 2006, **42** (8): 8 - 13.
- [9] 郝云庆, 王金锡, 王启和, 等. 柳杉人工林林分不同变量大小比数研究[J]. 应用生态学报, 2006, **17** (4): 751 - 754.  
HAO Yunqing, WANG Jinxi, WANG Qihe, *et al.* Neighborhood comparison of *Cryptomeria fortunei* plantation by using different variables[J]. *Chin J Appl Ecol*, 2006, **17** (4): 751 - 754.
- [10] 郑丽凤, 周新年, 江希钿, 等. 松阔混交林林分空间结构分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2006, **14** (4): 275 - 280.  
ZHENG Lifeng, ZHOU Xinnian, JIANG Xidian, *et al.* Analysis of the stand spatial structure of *Pinus massoniana*-broadleaved mixed forest[J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2006, **14** (4): 275 - 280.
- [11] 惠刚盈, VON GADOW K. 森林空间结构量化分析方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2003.
- [12] 李海涛. 植物种群分布格局研究概况[J]. 植物学通报, 1995, **12** (2): 19 - 26.  
LI Haitao. Introduction to studies of the pattern of plant population[J]. *Chin Bull Bot*, 1995, **12** (2): 19 - 26.
- [13] VON GADOW K, HUI Gangying. Characterizing forest spatial structure and diversity[R]//[s.n.]. *Proceedings of the SUROR International Workshop "Sustainable Forestry in Temperate Regions"*. Sweden: Lund University, 2002.