

## 优化林分空间结构的森林经营方法探讨

胡艳波, 惠刚盈

(中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091)

**摘要:**基于空间结构分析的经营方案的优化设计是目前国际上森林经营研究的一个重要方向。本研究提出了利用已知的空间结构参数来指导森林经营的新方法, 指出对现有林分的经营应尽量以原始林的空间结构为经营方向, 调整林分的水平分布格局、树种混交和相对大小等空间关系, 促进森林的进展演替。

**关键词:**森林经营方法; 优化林分空间结构; 空间结构参数

**中图分类号:**S757.4      **文献标识码:**A

### A Discussion on Forest Management Method Optimizing Forest Spatial Structure

HU Yan-bo, HUI Gang-ying

(Research Institute of Forestry, CAF; Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

**Abstract:** An important direction of forest management is to develop an optimal management plan based on analysis of spatial structure. In this research, a new method using spatial structure parameters was developed for forest management. The management target is the spatial structure of climax pattern or the model stand. According to the rule of the progressive succession, the most important thing in forest management is to adjust distribution pattern of trees, species composition and competitive relationships among trees, hence to promote the progressive succession.

**Key words:** forest management method; optimization of forest spatial structure; forest spatial structure parameters

随着人类对森林结构和功能的认识不断深入, 人们认为森林的主要功能不仅仅是提供木材, 更是维护整个生态系统的健康和稳定。因此, 21 世纪森林经营的目标主要是培育健康稳定的森林, 强调创建或维护最佳的森林空间结构。林分的空间结构是指林木的分布格局及其属性在空间上的排列方式。空间结构决定树木之间的竞争势及其空间生态位, 在很大程度上决定林分的稳定性、发展的可能性和经营空间的大小<sup>[1~3]</sup>; 因此如何科学合理地利用采伐来优化林分的空间结构, 一直是森林经营者努力研究的问题, 而基于空间结构分析的经营方案的优化设计是目前国际上森林经营研究的一个重要方

向。Gadow<sup>[4]</sup>从空间结构的变化对山毛榉(*Fagus sylvatica* L.)林的疏伐试验结果进行了分析; Daume等<sup>[5]</sup>以结构参数混交度和大小分化度的二元分布提出了模拟疏伐的疏伐优先指数; Albert<sup>[6]</sup>研制了以空间结构参数为基础的疏伐分析软件; 汤孟平<sup>[7]</sup>通过建立林分择伐空间优化模型来确定采伐木, 优化的目标函数中考虑了混交度、林分聚集指数和竞争指数; 安慧君<sup>[8]</sup>以空间结构参数为基础分析了阔叶红松(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)林的空间结构并对以结构特征为基础的采伐木选择进行了讨论。本文在前人研究的基础上进一步探讨优化林分空间结构的经营方法。

收稿日期: 2005-01-13

基金项目: 国家林业局天然林经营技术研究(99-4-18)

作者简介: 胡艳波(1975—), 女, 辽宁宽甸人, 助理研究员, 硕士

## 1 优化经营原则

(1) 尽量以同地段原始林为模式。从目前的认识水平来看, 未经人为干扰的原始林空间结构是最好的, 经历了千百万年的自然选择、自然演替, 林木之间的空间关系复杂、多样, 高度协调发展, 原始林的生态效益远远高于其它类型的林分。因此对于其它林分来说, 原始林的空间结构就是森林经营的方向。

(2) 遵循总量控制的原则。尽量减少对森林的干扰, 每次采伐的总量一般不超过总蓄积的15%<sup>[9]</sup>。在同地段原始林保存完好或者经过轻微干扰现已恢复的天然林区, 采伐后所经营林分密度不低于原始林密度。

(3) 遵循生态有益性的原则。禁止皆伐, 采用单株采伐, 保护森林环境; 保持林冠的连续覆盖, 相邻大径木不同时采伐, 按树高一倍的原则确定下一株相邻最近采伐木<sup>[10]</sup>; 不采伐稀有或濒危树种的单木, 保护林分的树种多样性; 不过量采伐林木, 保持林分的稳定性和可持续性; 以乡土树种为主, 选用生态适宜种增加树种混交; 保护天然林分更新。

(4) 针对主要建群种进行经营。大多数的原始林树种众多, 关系错综复杂, 想在所经营林分内重建这些关系是不现实的。因此, 经营时以调节林分内主要建群种的空间结构为主, 保持建群种的生长优势并减少其竞争压力。

## 2 经营方法

### 2.1 分析林分空间结构

分析林分空间结构的基础是对林分空间结构的准确描述。过去常用的描述林分的参数, 比如: 林分密度、树种比例、直径分布和林分生长量提供了许多统计信息, 但大多不含空间信息。目前应用的含有空间结构信息的林分空间结构参数主要有3个: 体现树种空间隔离程度的树种混交度( $M$ ) (配合树种比例说明树种多样性)<sup>[1]</sup>; 反映林木个体大小的大小比数( $U$ )<sup>[2]</sup>; 以及描述林木个体在水平地面上分布格局的角尺度( $W$ )<sup>[3]</sup>。林分中任意1株单木(参照树)和它周围的4株最近相邻木就构成了基本的结构单元。参照树和其相邻木之间的关系就构成了基本的林木空间关系。3个参数的计算都是建立在这种基本结构单元的基础上。

混交度( $M$ )计算公式为:

$$M_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 v_{ij}$$

其中:

$$v_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{当参照树 } i \text{ 与第 } j \text{ 株相邻木非同种时} \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (1)$$

大小比数( $U$ )计算公式为:

$$U_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 k_{ij}$$

其中:

$$k_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{如果参照树 } i \text{ 比相邻木 } j \text{ 小} \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (2)$$

角尺度( $W$ )计算公式为:

$$W_j = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 z_{ij}$$

其中:

$$z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{当第 } j \text{ 个 } \alpha \text{ 角小于标准角 } \alpha_0 \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (3)$$

对于每一株单木而言, 其周围的空间结构状况由这3个结构参数的取值来描述。当某株单木的结构参数取值如图1所示时, 意味着该单木周围的最近4株相邻木中: 有2株属于其它树种, 有1株比该树大, 有3株呈聚集状态。该单木周围的空间结构状况为: 该单木处于中等混交的空间单元中, 邻近树木成团, 至少有一侧有较大的林隙, 受光好, 生长上占一定优势。在选择采伐木时, 这些参数值对于该单木是否入选采伐木具有极其重要的参考价值。

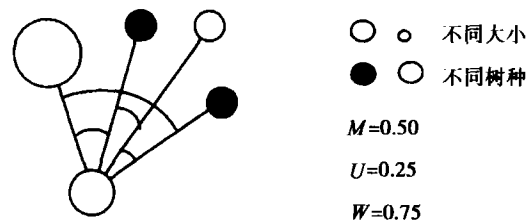


图1 单木的基本空间结构示意图

林木的水平分布格局是林分空间结构最直观的体现, 因此首先分析林分平均角尺度以及角尺度分布, 判断林木的水平分布格局, 平均角尺度分布为正态时表明林木分布格局为随机分布<sup>[10]</sup>。然后分析林分的混交度和经营树种的大小比数。树种混交度就是某树种所有单木的混交度平均值。树种混交度越高, 代表该树种的混交程度或隔离程度越高。一般认为树种隔离程度越高, 林分的结构越稳定。林分内所有单木的混交度平均值则表现了林分总体的

混交程度。树种的大小比数可以用来表示该树种在高度、胸径或任意可度量因子上与其周围相邻木的空间大小配置。各树种的生物学和生态学特性决定了树种间的空间大小配置。

## 2.2 制订优化林分空间结构的方案

对现有林的经营主要是调整林分的水平分布格局和树种组成以及竞争关系,促进森林的进展演替。根据有无模式林分存在,可将具体的结构调整技术分为两大类:

(1) 如果同地段不存在未经人为干扰或干扰极小的原始林,则所经营林分空间结构的优化经营应按照森林进展演替的一般规律进行。首先调整林分的水平分布格局,根据林分平均角尺度以及角尺度分布,判断林分的水平分布格局。一般认为林分如果不受严重干扰,经过漫长的进展演替后,水平分布格局应为随机分布<sup>[11]</sup>,因此格局调整应尽量通过采伐将非随机分布的林分向随机分布调整。分析所经营林分的角尺度分布是否是正态分布,应尽量保证取值为0.50的单木比例最高,其他取值若有不符合正态分布的,则所有该树种中角尺度取这个值的单木都是可能的采伐木。

调整林分混交状况时,应参照地带性植被的树种组成和配置。一般认为林分经过进展演替,混交程度应逐步升高,调整方向应该是扩大混交。在分析所经营林分中主要树种的混交度分布时,应将混交度取值较低的单木作为备伐木,如:0、0.25、0.50等。在根据角尺度选出的初选木中所有混交度取这些值的单木成为可能性更大的采伐木。

调整树种的大小比数,应以树种的生物学和生态学特性为依据。例如,某些树种是阴性树种,或者在发育的早期和中期需要蔽荫,那么对这个阴性树种的全部单木或处于需要蔽荫阶段的树种单木,应尽量保留最近相邻木都比之高的个体,则在经2次选择后的单木中所有大小比数取值较高的单木(如取值为:1.00、0.75)等成为确定的采伐木。如果该树种就是阳性树种,则应尽量保留最近相邻木都比之低的个体,在经2次选择后的单木中所有大小比数取值较高的单木成为备选的采伐木。

(2) 如果同地段存在原始林,那么原始林的空间结构就是森林经营的方向。首先计算两者的林分密度,当所经营林分密度小于原始林密度时,根据原始林的空间结构状况和所经营林分的更新状况,以天然更新或适当采取人工补植等方法提高所经营林

分的密度,当所经营林分密度大于原始林密度时,调整所经营林分的空间结构使之与天然林空间结构趋同;然后利用林分空间结构的描述结果,分析原始林林分和所经营林分的空间结构的差异(图2)。如果所经营林分中该树种的某个结构参数值比模式林分高,则所有该树种中具有这种值的单木都是可能的采伐木。由图2可知,2种林分的水平空间分布格局的差别主要集中在参数值为1等级的单木比例上,因此具有此类结构特征的单木就最有可能成为采伐木。具体方法如下:

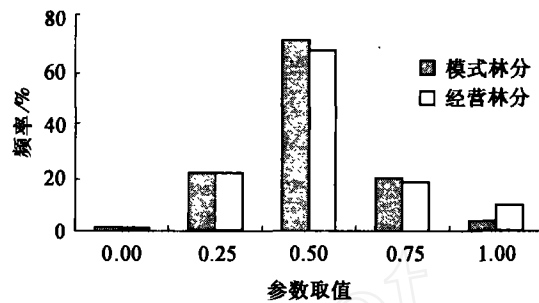


图2 模式林分和经营林分结构比较

首先计算原始林和所经营林分的密度。当所经营林分密度小于原始林密度时,根据原始林的空间结构状况和所经营林分的更新状况,以天然更新或适当采取人工补植等方法提高所经营林分的密度,当所经营林分密度大于原始林密度时,直接调整所经营林分使之与天然林的空间结构趋同。

根据林分平均角尺度以及角尺度分布的比例差异、同一树种的混交度和大小比数以及各自分布的差异,分树种制订采伐方案。所经营林分中某树种的某个角尺度取值比例较高,则所有该树种中角尺度取这个值的单木成为采伐初选木。如果所经营林分中该树种的某个混交度取值比例较高,则初选木中混交度取该值的单木成为可能性更大的采伐木。如果所经营林分中该树种的某个大小比数取值比例较高,经2次选择后的单木中大小比数取该值的单木成为确定的采伐木。

计算所经营林分伐后的林分空间结构参数,与原始林空间结构比较,评价差异是否减小;作进一步的采伐木筛选,计算再次伐后的林分空间结构,如此循环,直到无法再通过采伐减小所经营林分与原始林的空间结构差异。

## 3 经营示例

下面分别以无模式林分的样地和有模式林分的

样地经营为例,解释林分空间结构优化经营方法。

### 3.1 无模式林分

林分 A 位于吉林省蛟河县前进乡境内,属于受过干扰并有所恢复的红松阔叶天然林。经大量查阅该地区的森林经营历史和他人的研究可知,该林分所在地区的顶级群落应为阔叶红松林,红松在这种林分内是最主要的顶级树种,其它的顶级树种还包括沙冷杉(*Abies holophylla* Maxim.)、鱼鳞云杉(*Picea jezoensis* Carr.)、臭冷杉(*A. nephrolepis* Maxim.)等;与红松同时存在的伴生树种包括核桃楸(*Juglans mandshurica* Maxim.)、水曲柳(*Fraxinus mandshurica* Rupr.)、黄波罗(*Phellodendron amurense* Rupr.)、糠椴(*Tilia mandshurica* Rupr. et maxim.)、紫椴(*Tilia amurensis* Rupr.)、色木槭(*Acer mono* Maxim.)、裂叶榆(*Ulmus laciniata* Murr.)、千金榆(*Carpinus cordata* Bl.)、青楷槭(*Acer tegmentosum* Maxim.)等;其它还有一些先锋树种,如:蒙古栎(*Quercus mongolica* Fisch.)、桦树(*Betula* spp.)和杨树(*Populus* spp.)等。

林分 A 面积为  $30\text{ m} \times 30\text{ m}$ ,起测径阶(3.1 cm),全面调查了样地内所有林木的位置、树种、胸径(图3)。为避免边缘效应,确定样地内距每条样地边线5 m之内为缓冲区,其中的林木只作相邻木,样地其余部分为核心区,计算核心区全部单木的结构参数,分析林分的空间结构状况(表1)。

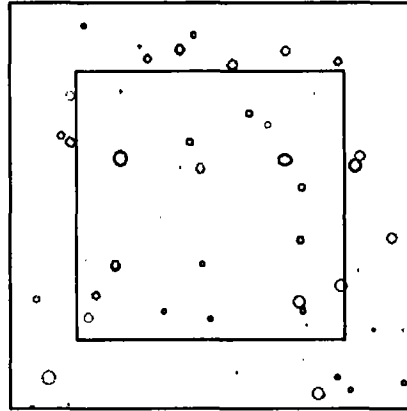


图3 样地林木分布图

表1 核心区单木及其结构参数

树号	角尺度	混交度	大小比数	胸径/cm	树种	树号	角尺度	混交度	大小比数	胸径/cm	树种
101	0.50	1.00	0.00	36.2	沙冷杉	131	0.25	0.75	0.50	15.9	水曲柳
102	0.50	0.75	0.00	50.3	沙冷杉	132	0.00	1.00	0.50	18.9	水曲柳
103	0.00	0.50	1.00	6.5	沙冷杉	133	0.50	1.00	0.75	20.5	水曲柳
104	0.50	0.75	0.50	22.8	沙冷杉	134	0.50	0.75	0.50	16.8	水曲柳
105	0.50	0.75	0.00	44.0	沙冷杉	137	0.75	0.75	0.25	29.7	核桃楸
109	0.50	1.00	0.75	20.4	臭冷杉	141	0.50	0.75	0.00	42.5	红松
116	0.50	1.00	0.50	27.5	色木槭	142	0.50	0.75	0.25	41.9	红松
117	0.50	0.75	0.75	16.7	色木槭	145	0.50	1.00	0.25	35.5	红松
118	0.50	1.00	1.00	6.8	色木槭	147	0.25	1.00	0.25	21.9	红松
121	0.25	1.00	0.75	22.0	色木槭	151	0.25	1.00	1.00	8.4	暴马丁香
122	0.50	1.00	1.00	6.0	色木槭	155	0.25	0.75	0.00	40.2	裂叶榆
125	0.25	1.00	0.75	6.5	青楷槭	156	0.50	0.75	0.50	29.5	裂叶榆
128	0.75	1.00	1.00	10.2	千金榆	157	0.50	1.00	0.75	10.5	裂叶榆

调查表明:林分树种组成复杂,样地内起测径阶以上的单木共58株,分属于14个树种。核心区起测径阶以上的单木有26株,分属于10个树种(表1),每公顷株数为644株。林分内林木龄级跨度大,平均胸径为22.3 cm,平均高14.5 m,总断面积为 $3.1\text{ m}^2$ ,根据前面对本地区森林的分析,现确定本林分的经营树种为:红松、沙冷杉、臭冷杉、核桃楸、水曲柳和色木槭。林分 A 的额定采伐量以断面积计为: $3.1\text{ m}^2 \times 15\% = 0.465\text{ m}^2$ 。

由表1可计算出林分的平均角尺度和角尺度分布(图4)。林分的平均角尺度为 $0.423 < 0.475$ (随机分布的下限),该林分的水平分布格局为均匀分布。格局调整的目标是将均匀分布向随机分布调

整,也就是说要增大林分的平均角尺度,做法是降低角尺度取值为0和0.25的单木比例。这两种取值的单木包括:103、121、125、131、132、147、151、155号(表2)。

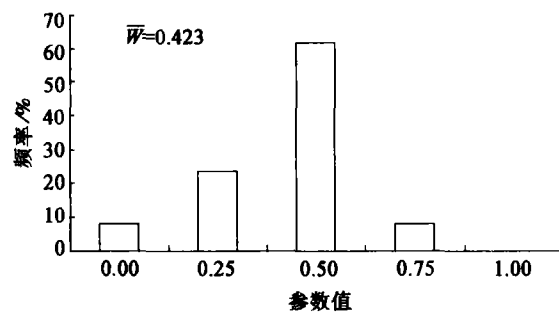


图4 林分的平均角尺度及角尺度(W)分布

表 2 以林分平均角尺度为准初选采伐木

树号	角尺度	混交度	大小比数	胸径/cm	树种
103	0.00	0.50	1.00	6.5	沙冷杉
121	0.25	1.00	0.75	22.0	色木槭
125	0.25	1.00	0.75	6.5	青楷槭
131	0.25	0.75	0.50	15.9	水曲柳
132	0.00	1.00	0.50	18.9	水曲柳
147	0.25	1.00	0.25	21.9	红松
151	0.25	1.00	1.00	8.4	暴马丁香
155	0.25	0.75	0.00	40.2	裂叶榆

再通过分析这些单木的混交度进一步选择采伐木。103 号、131 号和 155 号的混交度分别为 0.50、0.75、0.75,其余单木的混交度为 1。从增大树种混交的角度出发,混交度较小的这 3 株更应该伐除。结合 3 株单木与其相邻木的大小关系来看(表 3),103 号沙冷杉周围的相邻木都是大树,而且有 2 株是同树种的、胸径相差很多的大树,103 号树在现阶段不会与这 2 株树有特别剧烈的竞争,很可能是一株沙冷杉更新幼树,因此应该保留;而 131 号水曲柳的 1 株相邻木也是水曲柳,而且两者大小相近,因此两者之间的生存竞争会很激烈,伐除 131 号树可以

减少竞争;155 号裂叶榆的胸径远大于其所有最近相邻木,其中包括 1 株红松,为了给红松提供更大的营养空间,应该伐除这株树。

表 3 备伐木与其相邻木的混交和相对大小关系

树号	胸径/cm	最近相邻木树号	胸径/cm	树种
103	6.5	2	50.3	沙冷杉
		4	22.8	沙冷杉
		45	35.5	红松
		56	29.5	裂叶榆
131	15.9	8	5.7	臭冷杉
		17	16.7	色木槭
		25	6.5	青楷槭
		34	16.8	水曲柳
		33	20.5	水曲柳
155	40.2	34	16.8	水曲柳
		45	35.5	红松
		56	29.5	裂叶榆

综上所述,最后确定的采伐木为:131 号和 155 号。采伐木共计 2 株,采伐断面积 0.15 m<sup>2</sup>,仅占额定采伐断面积的 30%,采伐不会造成林分空间结构的剧烈变化(图 5)。

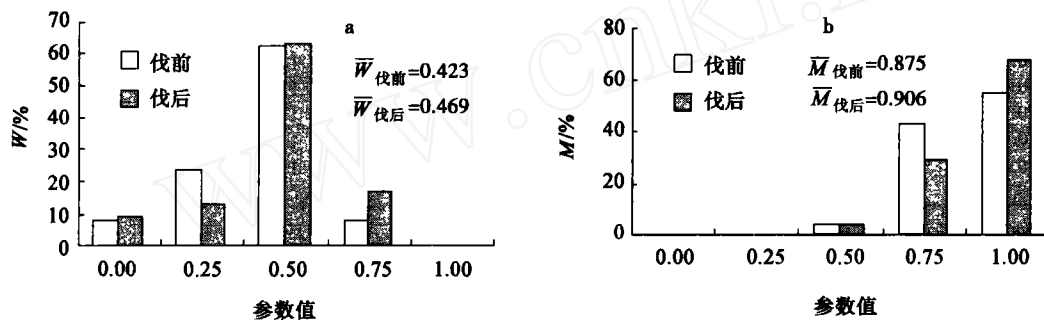


图 5 经营前后林分角尺度(W)和混交度(M)的变化

计算伐除这两株树后林分空间结构的变化,图 5a 显示了林分平均角尺度及其分布的变化,经营后林分的角尺度分布更为均衡,林分的平均角尺度由 0.423 变为 0.469,分布更接近随机。图 5b 显示了林分平均混交度及其分布的变化,经营后林分的平均混交度由 0.875 变为 0.906,混交程度加强。综上所述,采伐使林分的空间结构得到了优化,经营达到了目的。

### 3.2 有模式林分

模式林分 B0 和所经营林分 B(图 6),是与林分 A 同地段的红松阔叶天然林,模式林分 B0 受过轻微人为干扰,经过几十年的保护已经得到恢复,所经营林分 B 经过大规模采伐,原有的林相遭到破坏。两者的基本情况与 A 相同,林分的经营树种相同,这里

不再赘述。两林分的调查样地面积均为 30 m × 30 m,调查方法同上。

调查表明:模式林分 B0 树种组成复杂,全林分起测径阶以上的单木共 73 株,分属于 17 个树种;核心区 29 株,分属于 9 个树种(表 4);每公顷株数为 811 株;平均胸径为 18.8 cm,平均高 14.3 m,总断面积为 2.1 m<sup>2</sup>。所经营林分 B 内起测径阶以上的单木共 94 株,分属于 17 个树种;核心区 45 株,分属于 11 个树种(表 5);每公顷株数为 1 044 株;平均胸径为 16.2 cm,平均高 14.0 m,总断面积为 2.9 m<sup>2</sup>。计算 B0 和 B 单木的结构参数,比较分析林分 B0 与 B 的空间结构状况(图 7)。林分 B 的额定采伐量以断面积计为:2.9 m<sup>2</sup> × 15% = 0.435 m<sup>2</sup>。

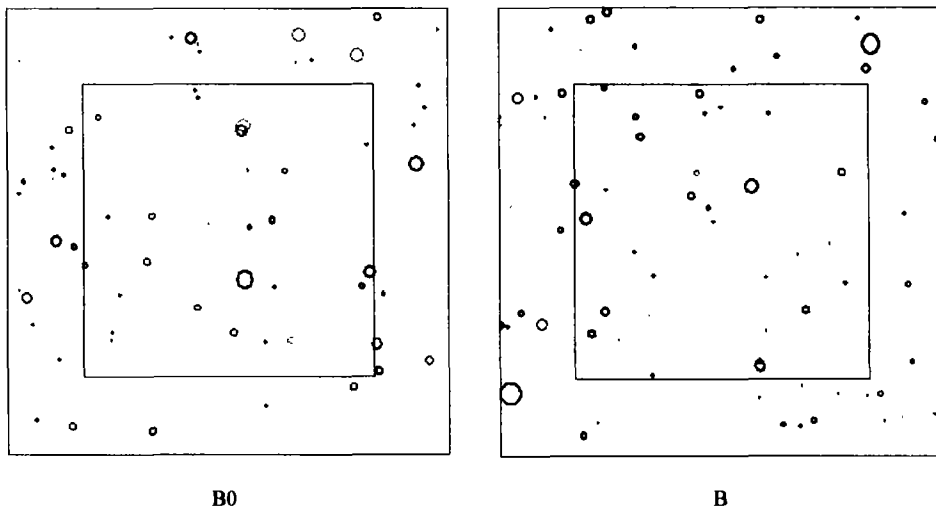


图6 模式林分B0与所经营林分B的水平分布图

表4 林分B0核心区内单木及其结构参数

树号	角尺度	混交度	大小比数	胸径/cm	树种	树号	角尺度	混交度	大小比数	胸径/cm	树种
227	0.25	1.00	0.00	56.9	沙冷杉	252	1.00	1.00	0.75	8.8	青楷槭
223	0.75	1.00	0.00	37.6	臭冷杉	217	0.25	1.00	0.75	18.8	千金榆
245	0.50	0.75	1.00	9.3	臭冷杉	230	0.50	1.00	0.25	9.8	千金榆
246	0.75	0.75	0.00	19.5	臭冷杉	231	0.50	0.75	0.25	15.5	千金榆
213	0.50	0.50	1.00	7.6	色木槭	242	0.50	0.75	0.25	18.2	千金榆
214	0.50	0.50	0.50	9.6	色木槭	247	0.50	1.00	0.75	15.3	千金榆
218	0.50	0.75	0.50	21.2	色木槭	256	0.50	1.00	0.50	10.1	千金榆
219	0.00	0.50	0.75	10.5	色木槭	257	1.00	1.00	0.25	16.6	千金榆
228	0.50	0.50	0.00	18.4	色木槭	215	0.50	1.00	0.25	22.5	核桃楸
229	0.25	0.25	0.75	9.2	色木槭	225	0.50	1.00	0.75	16.8	鱼鳞云杉
241	0.50	1.00	1.00	8.8	色木槭	226	0.75	1.00	0.75	11.0	鱼鳞云杉
243	0.50	1.00	1.00	7.3	色木槭	216	0.50	1.00	0.00	26.0	水榆
254	0.50	0.75	0.25	36.0	色木槭	220	0.75	1.00	0.00	26.7	紫椴
255	0.50	0.50	0.25	12.3	色木槭						

注:水榆(*Sorbus alnifolia*(Sieb. et Zucc.) K. Koch var. *alnifolia*)

表5 林分B核心区内单木及其结构参数

树号	角尺度	混交度	大小比数	胸径/cm	树种	树号	角尺度	混交度	大小比数	胸径/cm	树种
2	0.50	1.00	0.25	25.0	沙冷杉	47	0.25	1.00	1.00	7.3	色木槭
12	0.50	1.00	1.00	6.7	白扭槭	50	0.50	1.00	0.50	13.0	色木槭
15*	0.50	0.75	1.00	6.4	白扭槭	51	0.50	1.00	0.00	23.0	色木槭
16**	0.50	0.75	0.50	10.4	白扭槭	52*	0.50	0.75	1.00	5.6	色木槭
17**	0.50	0.50	1.00	5.7	白扭槭	53**	0.50	0.50	0.25	12.5	色木槭
18	0.75	0.75	0.75	6.3	白扭槭	54	0.50	1.00	0.50	16.0	色木槭
19**	0.50	0.75	0.50	9.9	白扭槭	55**	0.25	0.75	0.25	14.0	色木槭
20	0.50	1.00	1.00	6.2	白扭槭	61	0.50	1.00	0.25	11.7	枫桦
21**	0.50	0.50	0.25	20.9	白扭槭	63	0.25	1.00	1.00	6.2	千金榆
22*	0.50	0.50	0.75	11.2	白扭槭	68	0.50	1.00	0.25	23.3	核桃楸
23	0.75	0.50	1.00	8.0	白扭槭	70	1.00	1.00	0.00	42.4	核桃楸
24**	0.50	0.75	0.25	22.8	白扭槭	71*	0.25	0.50	0.75	15.8	核桃楸
28*	0.50	0.75	0.50	8.9	白扭槭	72*	0.50	0.50	0.00	24.0	核桃楸
29**	0.50	0.25	1.00	8.1	白扭槭	73*	0.50	0.50	1.00	12.8	核桃楸
30	0.75	0.25	0.00	20.7	白扭槭	80	0.25	1.00	0.50	7.5	黄波罗
31	0.75	0.25	0.75	9.0	白扭槭	81	0.25	1.00	0.00	36.8	黄波罗
39	0.50	1.00	0.00	17.0	色木槭	83	0.25	1.00	0.75	7.4	红松
40	0.25	1.00	0.75	6.9	色木槭	84	0.50	1.00	0.50	13.5	鼠李
41**	0.25	0.25	1.00	7.2	色木槭	87	0.50	1.00	0.25	8.1	暴马丁香
42**	0.25	0.25	0.00	13.1	色木槭	90*	0.50	0.75	0.25	16.1	紫椴
43**	0.50	0.25	0.50	10.4	色木槭	91*	0.50	0.75	0.00	36.0	紫椴
44**	0.50	0.25	0.25	12.5	色木槭	92	0.50	1.00	0.00	22.5	紫椴

注:白扭槭(*Acer mandshuricum* Maxim)、枫桦(*Betula costata* Trautv)、鼠李(*Rhamnus davurica* Pall.)、暴马丁香(*Syringa reticulata* var. *mandshurica*);

\*、\*\* 林分B中W取值为0.25、0.50,同时M取值为0.05、0.50和0.75的单木,\*\* 确定的备伐木。

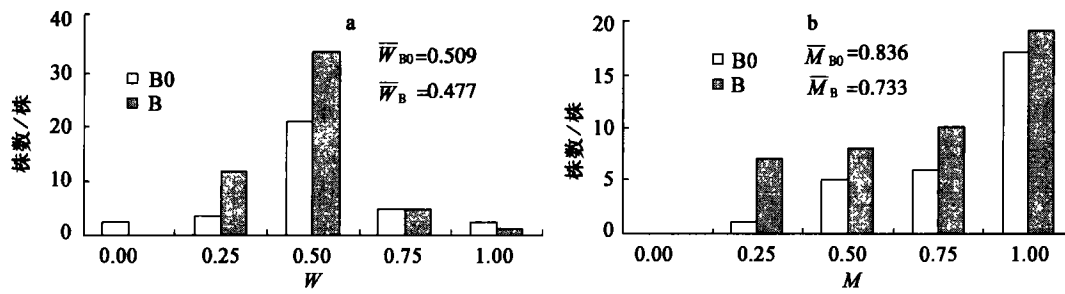


图 7 模式林分 B0 与所经营林分 B 的平均角尺度和平均混交度及其分布

由图 7a 可知,林分 B0 和 B 的水平分布格局都是随机分布,两者在格局上的差异主要体现在 W 取值为 0.25 和 0.50 的单木株数上,林分 B 中 W 取值为 0.25 的单木株数多于 B0 林分 7 株,取值为 0.50 的单木多于 B0 林分 11 株,其它取值共相差 3 株;因此格局调整主要针对林分 B 中 W 取值为 0.25 和 0.50 的单木进行选伐(表 5 中标 \*、\* \* 的单木)。

图 7b 显示两林分呈强度混交状态,两林分在混交上的差异较分散,林分 B 中 M 取值为 0.25 的单木比林分 B0 多 6 株,取值为 0.50 的单木比林分 B0 多 3 株,取值为 0.75 的单木比林分 B0 多 4 株,其余取值相差 2 株;因此树种混交程度的调整要针对林分 B 中 M 取值为 0.25、0.50 和 0.75 的单木分别进行选伐(表 5 中标 \*、\* \* 的单木)。

根据两林分 W 的差异,W = 0.25 的单木可伐 7 株,W = 0.50 的单木可伐 11 株;根据两林分 M 差异的分析,M = 0.25 的单木可伐 6 株,M = 0.50 的单木可伐 3 株,M = 0.75 的单木可伐 4 株。

表 5 标 \*、\* \* 的单木中 W = 0.25 的有 4 株,包括 M = 0.25 的 2 株,M = 0.50、0.75 的各 1 株,根据两林分 W 和 M 差异分析,这 4 株都可以伐除,树号

为 41、42、55 和 71 号。标 \*、\* \* 的单木中 W = 0.50 的有 17 株,其中 M = 0.25 的 3 株都可伐,树号为:29、43 和 44 号;M = 0.50 的有 6 株,可伐 2 株,M = 0.75 的有 8 株,可伐 3 株,其中 72、73 号为核桃楸,90、91 号为紫椴,属于较重要的经营树种可不伐,15、16、17、19、21、22、24、28 号白扭槭以及 52、53 号色木槭,可选择相对较大的树备伐,以释放营养空间,因此选择 U 值较小的单木。M = 0.50 的单木中,21 和 53 号单木的 U = 0.25,两者为备伐木;同理,M = 0.75 的单木中 U = 0.25 的 24 号单木为备伐木;U = 0.50 的单木有 3 株,选择胸径较大的备伐,因此选 16 和 19 号备伐。

综合分析各单木 W、M 和 U 的取值,以及单木大小,确定备伐木共计 12 株,见表 5 中标 \* \* 的单木。采伐断面积为 0.27 m<sup>2</sup>,仅占额定采伐断面积的 68.2%,采伐不会造成林分空间结构的剧烈变化,伐后的林分密度仍高于同地段的模式林分密度。所经营林分 B 以同地段原始林空间结构 B0 为模式,经营后林分(B')水平空间分布格局仍为随机分布,混交程度上升了很多,各取值的分布更为均衡,空间结构得到了优化,达到了经营目的(图 8)。

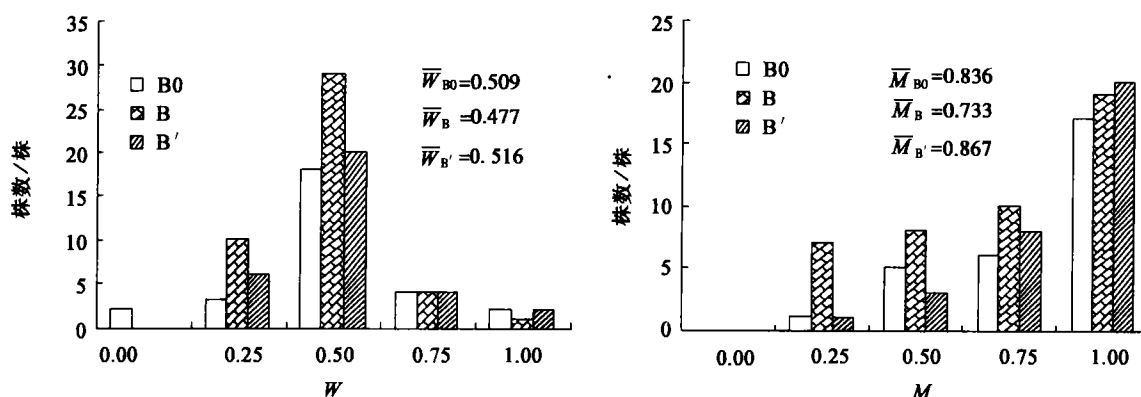


图 8 经营林分 B 采伐前后和模式林分 B0 角尺度和混交度的比较

#### 4 结论与讨论

近自然的森林经营理论(恒续林模式)是实现森林可持续经营的有效途径。为了总结已有的恒续林经营的成功经营经验,使更多的人能够理解、接受和操作这种经营技术,本文进行了优化林分空间结构的森林经营方法探讨。

优化林分空间结构的森林经营,注重改善林分空间结构状况,按照森林的自然生长和演替过程安排经营措施。针对每一种林分具体分析其空间结构状况,包括林木的水平分布格局、树种的混交度和大小比数等,在允许的采伐量范围内调整林分的空间结构。对于同地段不存在模式林分的所经营林分,按照当地森林演替和森林经营的历史资料确定经营树种,以趋向随机,增加混交,提高大小配置多样性的原则调整林分。如果同地段还有原始林,分析两者的空间结构差异状况,结合所经营林分中各树种单木的具体情况选伐林木,使所经营林分的空间结构与原始林趋同。

优化林分空间结构的森林经营方法在应用于天然林经营时,首先应根据抽样调查分析的结果,分析林分所处演替阶段,找出采伐对象的一般结构特征及其与顶级群落空间结构的差异,以优化林分整体空间结构为目的,根据分析结果标记采伐木。一次优化不可能解决所有的结构问题,应循序渐进。因此要定期进行树种调整,或优势度调整,或水平空间分布格局的调整,或多种调整的组合。经营间隔期的确定,要充分考虑森林演替的动态规律和具体林分现状以及林场的具体经营能力。

优化林分空间结构的森林经营方法在应用于人

工纯林改建时,可根据该林分所在地区顶级群落的空间结构现状或资料 and 具体经营要求,调整林分的树种组成、林木水平分布格局和林木大小的空间配置等,优化林分的空间结构,使之逐渐转变为近自然的森林。总之,优化林分空间结构的森林经营方法应用广泛,值得进一步研究探讨。

#### 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
- [2] 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, 12(1):1~6
- [3] 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
- [4] von Gadow K, Strukturentwicklung eines Buchen-Fichten-Mischbestandes[J]. Allg Forst-u J-Ztg, 1997, 168(6/7): 103~106
- [5] Daume S, u Fuedner K, von Gadow K. Zur Modellierung personenspezifischer Durchforstungen in ungleichaltrigen Mischbeständen[J]. Allg Forst-u J-Ztg, 1998, 169:21~26
- [6] Albert M. Analyse der eingriffsbedingten Strukturveränderung und Durchforstungsmodellierung in Mischbeständen [M]. Dissertation Universität Göttingen. Hainholz Verlag 1999:63~68
- [7] 汤孟平. 森林空间结构分析与优化经营模型研究[D]. 北京:北京林业大学, 2003
- [8] 安慧君. 阔叶红松林空间结构研究[D]. 北京:北京林业大学, 2003
- [9] 陈存根. 近天然可持续森林经营的理论与技术. 见:中国林学会森林生态分会[A]. 森林生态学论坛(1)[C]. 北京:中国农业科技出版社, 1999:201~211
- [10] 惠刚盈, von Gadow K. 德国现代森林经营技术[M]. 北京:中国科学技术出版社, 2001
- [11] 张家城, 陈力, 郭泉水, 等. 演替顶级阶段森林群落优势树种分布的变化趋势研究[J]. 植物生态学报, 1999, 23(3):256~268