

北京西山侧柏水源涵养林空间结构特征研究

赵阳, 余新晓, 黄枝英, 宋思铭, 白艳婧, 程中秋, 靳阿亮, 张宾宾

(北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要:应用地面三维激光扫描技术,采用“多站式”扫描方法来获取侧柏水源涵养林标准地内的林木树种、树高、胸径、胸高断面面积等测树因子,利用混交度、大小比数、角尺度3个指标分析了北京西山林区侧柏水源涵养林公顷级样地的空间结构特征。结果表明:(1)侧柏林乔木层共包括21个树种,物种丰富度较高。其中,侧柏种群在密度和断面面积累积量方面占有明显优势,是乔木层的建群种和优势种;(2)整个侧柏林混交度较低,平均混交度0.261,属混交不良的范畴。其中,侧柏、刺槐、火炬树以零度、弱度混交为主,分别占种群总株数的85%、58%、57%,其他伴生树种以中度、强度和极强度为主;(3)侧柏、油松、栓皮栎、元宝枫、刺槐种群在空间结构单元中以优势木、亚优势木和中庸木为主,分别占种群总株数的57%、67%、89%、66%和71%,其他树种优势度不明显;(4)侧柏林林分平均角尺度为0.542(大于0.517),说明该林分水平分布格局为聚集分布,但聚集程度较低。

关键词:三维激光扫描;点云数据;涵养水源;空间结构

中图分类号:S715

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)04-0183-06

Spatial Structure Characteristic of *Platycladus orientalis* Forests in Beijing Xishan Mountain

ZHAO Yang, YU Xin-xiao, HUANG Zhi-ying, SONG Si-ming,

BAI Yan-jing, CHENG Zhong-qiu, JIN A-liang, ZHANG Bin-bin

(Key Lab of Soil and Water Conservation & Desertification Combating of Ministry of Education,
College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: This study investigated the application of terrestrial laser scanning for providing quantitative forest parameters at the plot-level by using ‘multi-stop’ scanning method for determining stand parameters such as the tree height, diameter, basal area, and other parameters. This paper described the spatial structural characteristics of one plot-level stand of *Platycladus orientalis* forests in Beijing Xishan mountain using mingling degree, neighborhood comparison and uniform angle index. The results showed that there were twenty-one species in arbor layer of *Platycladus orientalis* forests, among which, *Platycladus orientalis* had the obvious advantage in population density and basal area, being the dominant and constructive species of the tree layer. The average mingling degree of the whole stand was 0.261, suggesting the low mingling degree of stands. The dominant species such as *Platycladus orientalis*, *Robinia pseudoacacia* and *Rhus typhina* population were mainly none or less-mixed, accounting for 85%, 58%, 57% of the total plants of the populations, while the accompanying species generally presented moderate, intensity and high intensity. In the spatial structural units, *Platycladus orientalis*, *Pinus tabulaeformis*, *Quercus variabilis*, *Acer truncatum* and *Robinia pseudoacacia* were mainly dominant, sub-dominant, and intermediate trees, accounting for 57%, 67%, 89%, 66% and 71% of the total plants of the populations, respectively, while the advantages of other populations were not obvious. The uniform angle index value of *Platycladus orientalis* forests was 0.542 (greater than 0.517), indicating that the spatial pattern of the stands was the aggregative distribution, but the aggregation degree was not high and the aggregation scale was not large.

Key words: 3D laser scanning; cloud point; water conservation; spatial structure

收稿日期: 2010-12-30

修回日期: 2011-02-18

资助项目: 十二五国家科技支撑项目“海河上游水源涵养林体系构建技术研究与示范”(2011BAD38B05); 国家林业公益性行业科研专项经费项目“典型森林植被对水资源形成过程的调控研究”(201104005)

作者简介: 赵阳(1986-), 男, 河北省枣强县人, 硕士, 主要研究方向: 林业生态工程、水土保持。E-mail: zhaoyang1224@163.com

通信作者: 余新晓(1961-), 男, 甘肃省平凉市人, 教授, 博士, 研究方向为: 森林水文、水土保持。E-mail: yuxinxiao111@126.com

林分空间结构作为决定生境和物种多样性的重要因子,与树木在林内的空间位置密切相关^[1],它不仅体现了树木在林地上的分布格局以及树木属性在空间上的排列方式,而且还决定了树木之间的竞争优势及树木空间生态位,在很大程度上影响着林分的生长、发育和稳定性^[2]。为此,林分空间结构特征分析已经成为森林结构研究的焦点。森林结构研究方法目前主要有 3 种,即:传统森林经理学方法、经典植被生态学方法和现代森林生态和森林经理学方法^[3]。与前两种研究方法不同,现代森林生态和森林经理学方法是以相邻木关系为基础,在充分考虑点的空间位置前提之下,通过获取种群数量分布的空间信息,来分析林木在空间结构单元中的空间关系,较前两种方法而言,通过现代森林生态学和森林经理学方法分析所得的林分空间结构可解析性更高。

侧柏(*Platycladus orientalis*),柏科,侧柏属植物,原产我国和朝鲜,在我国分布极为广泛。其作为北京低山区针叶林中的主要树种之一,在涵养水源、保持水土、美化环境等方面发挥着不可替代的作用。几十年来,受立地条件等因素的制约,侧柏林生态系统呈现出系统稳定性差,生态服务功能低下等问题。以往对北京山区侧柏林结构的研究主要集中在人工侧柏林经营模式研究^[4]、种内竞争研究^[5]、耗水性研究^[6]、林分结构研究^[7]等方面,鲜有对侧柏林林分空间结构特征的研究。本研究首次将地面三维激光扫描技术与现代森林生态学和森林经理学方法相结合,选用描述林分空间结构的混交度、大小比数和角尺度等参数对西山林区侧柏水源涵养林的空间结构特征进行分析研究,从优化森林空间结构的角度,分析和准确表达侧柏水源涵养林生态系统目前所存在的问题,旨在为北京地区人工侧柏水源涵养林的近自然经营提供理论模式和技术支持。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

西山林区位于北京市西部山区,地理坐标为东经 116°28′,北纬 39°34′,属于太行山余脉,平均海拔 300.4 m,最高峰克勒峪峰海拔 800 m,山脚线海拔 100 m,平均坡度 15°~45°。该区属暖温带大陆性气候,冬寒夏热,春季多风,平均风速 4.1 m/s,年平均气温为 11.6℃,无霜期 193 d,年平均日照 2 662 h。年降水量 630 mm,主要集中在夏季,其中 6~8 月的降雨量占全年降雨量的 70% 以上。本研究区地带性土壤为山地褐色土,大部分为淋溶褐色土,土壤发育层次不明显,含石砾较多,一般土层厚度 40 cm 左右。

全林区内植物种类丰富,自然生长的乔木种类较少,多为 20 世纪 50~60 年代营造的人工林。主要乔木树种有:侧柏、油松(*Pinus tabulaeformis*)、白皮松(*Pines bungeana*)、华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、元宝枫(*Acer truncatum*)、槲栎(*Quercus dentata*)、辽东栎(*Quercus liaotungensis*)、栎树(*Koelreuteria paniculata*)、桑(*Morus alba*)等;主要灌木有:黄栌(*Cotinus coggygria*)、荆条(*Vitex negundo*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、孩儿拳头(*Grewia biloba*)、蚂蚱腿子(*Myrica dioica*)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)等。

1.2 研究方法

1.2.1 野外样地调查 2009 年 8 月在西山林区布设侧柏水源涵养林标准地一块,样地规格为 100 m × 100 m。利用 GPS 进行精确定位,测定样地的经度、纬度、海拔、坡度和坡向等立地因子,并进行植被群落学调查。经测定,样地海拔为 353 m,坡向南偏东 53°,坡度 20°,郁闭度 0.8,林龄为 35 a。采用相邻网格法,将样地分成 25 个 20 m × 20 m 的样方网格,网格从左到右、从上到下依次放置。再以每个网格为调查单元,运用地面三维激光扫描技术,采用“多站式”扫描方法对样地内每个样方网格进行全景扫描,通过对扫描所得的各个网格的点云图像进行坐标构建、去噪、选取、拼接处理进而得到整个样地的三维立体点云模型,在该模型基础之上,利用地面三维激光扫描仪所配备的数据处理软件采用聚类法(Clustering method)可对林分标准地内的乔木进行树高、胸径、枝下高、胸高断面积、冠幅、冠径等参数的量测以及树木的精确定位^[8]。与此同时,参照整个标准地的全景立体式点云图像以及与扫描同步拍摄的样地照片可以辨别与参照树最近的 4 株胸径大于 4 cm 树木的树种、角尺度、大小比数和混交度等空间结构参数信息。与采用传统方法获取测树因子人为工作量大、测算不准确、给林业研究造成极大不便相比,地面三维激光扫描技术的应用不论是在测树效率还是在测量精度上都有较大提高^[9-12]。

1.2.2 林分空间结构分析 以样地扫描数据为基础,利用空间结构分析软件 Win elmass 1.0 对固定样地的林分结构参数进行综合分析,分别计算了侧柏林林分内的树种混交度、大小比数和角尺度等参数^[13]。

(1) 树种混交度。树种混交度是指参照树 i 的 n 株最近相邻木中与参照树不属于同种的个体所占的比例。

$$M_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad (1)$$

式中: M_i ——树种混交度; n ——参照树的总株数。当参照树 i 与第 j 株相邻木非同种时, $v_{ij} = 1$, 否则 $v_{ij} = 0$ 。当考虑的参照树周围的 4 株相邻木时, M_i 的取值有 5 种: 0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00。当 $M_i = 0$ 时, 参照树 i 周围 4 株最近相邻木与参照树均属于同种; $M_i = 0.25$ 参照树 i 周围 4 株最近相邻木有 1 株与参照树不属于同种; $M_i = 0.50$ 参照树 i 周围 4 株最近相邻木有 2 株与参照树不属于同种; $M_i = 0.75$ 参照树 i 周围 4 株最近相邻木有 3 株与参照树不属于同种; $M_i = 1.00$ 参照树 i 周围 4 株最近相邻木与参照树均不属于同种。这 5 种取值对应于混交度的描述为零度、弱度、中度、强度和极强度混交。

(2) 林分大小比数。林分大小比数定义为大于参照树的相邻木株数占所考察的全部最近相邻木的比例。所谓的“大小”用胸径、树高和冠幅均可表示(本研究采用胸径表示)。

$$U_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n k_{ij} \quad (2)$$

式中: U_i ——林分大小比数; 如果相邻木 j 比参照树 i 小, $k_{ij} = 0$; 否则, $k_{ij} = 1$ 。当所观察树种的参照树数量为 4 时, 大小比数 (U_i) 有 5 种取值可能, 即: 0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00。 $U_i = 0$ (相邻木均比参照树小); $U_i = 0.25$ (1 株相邻木比参照树大); $U_i = 0.50$ (2 株相邻木比参照树大); $U_i = 0.75$ (3 株相邻木比参照树大); $U_i = 1.00$ (4 株相邻木比参照树大)。对应于参照树在 4 个相邻木中不同的优势程度, 即优势、亚优势、中庸、劣势和绝对劣势。

(3) 角尺度。角尺度主要用于描述 n 株最近相邻木围绕参照树 i 的均匀性。任意两个邻接最近相邻木的夹角有两个, 小角设为 α , 把当最近相邻木均匀分布时的夹角设为标准角 α_0 , 则角尺度被定义为 α 角小于标准角 α_0 的个数占所考察的 n 个夹角的比例, 用公式表示为:

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_{ij} \quad (3)$$

式中: W_i ——角尺度; n ——参照树的总株数; 当第 i 个 α 角小于标准角 α_0 时, $y_{ij} = 1$, 否则 $y_{ij} = 0$ 。当所观察树种的参照树数量为 4 时, 取值有 5 种可能, 分别为 0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 当林分平均角尺度 $\overline{W_i}$ 属于 $[0.475, 0.517]$ 范围内, 说明林木整体分布格局为随机分布; 当林分平均角尺度 $\overline{W_i} > 0.517$ 时为聚集分布; 当林分平均角尺度 $\overline{W_i} < 0.475$ 时为均匀分布。

在数据处理过程中, 为了消除林分边缘树木对林分结构的影响, 在样地边缘设置了 5 m 缓冲区(样地

四边均向内缩进 5 m), 故侧柏水源涵养林标准地实际计算面积为 $90 \text{ m} \times 90 \text{ m}$, 共计 $8\,100 \text{ m}^2$ 。此外, 在空间结构参数计算过程中, 为能明显地表达出混交度等结构参数的林学意义, 选用 $n = 4$, 即在参照树周围选用 4 株相邻木组成一个结构框架。有学者^[14-15]研究表明, 由 1 株参照树与其 4 株相邻木所组成的结构单元中, 参照树与 4 株最近相邻木构成的结构关系有 5 种, 即零度、弱度、中度、强度、极强度, 相比 $n = 3$ 或 5 在其类型划分上仅有 4 或 6 种(偶个数), 缺乏中间过渡类型, 不符合自然现象而言, $n = 4$ 时, 过渡阶段更加完整, 生物学意义则更加明显, 空间结构信息比较完整, 且这种结构单元的可释性和可操作性都较强, 适宜于描述林分的空间结构特征。

2 结果与分析

2.1 侧柏水源涵养林树种组成

侧柏水源涵养林林分概况见表 1。由表 1 可知: 在西山林区标准地内, 林分密度约为 $1\,687 \text{ 株/hm}^2$, 乔木层共有 21 个树种, 物种丰富度较高。其中, 侧柏株数占整个林分的 67.22%, 蓄积量占 49.04%, 说明侧柏在该林分内占有绝对优势; 伴生树种主要有油松、桑树、元宝枫、刺槐、栓皮栎等 20 个树种, 伴生树种株数所占比例较小, 除油松外, 其他伴生树种株数比例均不足 10%。此外, 从林分针阔叶树种构成比例看, 针叶树约占 80.9%, 阔叶树株数比例约占 19.1%, 针阔叶树种的株数比例为 8:2; 从林分每公顷断面积比例看, 侧柏的断面积占林分总断面积的 49.04%, 油松的断面积占林分总断面积的 21.45%, 栓皮栎的断面积约占林分总断面积的 9.6%, 其它树种的断面积占林分总断面积的比例均小于 10%, 说明该林分为以针叶树种为主, 阔叶树种为辅的侧柏油松混交林, 林分树种组成式为: 5 侧柏 2 油松 1 栓皮栎 + 刺槐 + 桑树 + 元宝枫 - 小叶朴 - 黑枣 - 大叶槭 - 核桃楸 - 小叶槭 - 山桃 - 臭椿 - 加杨 - 火炬树 - 黄栌 - 山杏 - 流苏 - 构树 - 核桃 - 合欢。从林分垂直结构看, 该林分可划分为 3 个林层: $< 5 \text{ m}$, $5 \sim 8 \text{ m}$, $> 8 \text{ m}$, 呈现出典型的复层林结构特征。其中, 侧柏的平均树高与整个林分的平均树高处于同一林层, 从不同树种的平均树高构成可知, 超过 60% 的林木树高处于 $5 \sim 8 \text{ m}$ 林层, 故 $5 \sim 8 \text{ m}$ 范围是该林分的主林层。综合分析林分内树种株数、断面积和树高可知, 侧柏水源涵养林内物种多样性较丰富, 其中, 侧柏种群个体分布范围最广, 蓄积量最大, 占据着林分的上层空间, 在群落内占有绝对优势, 是该群落乔木层的优势种和建群种。

表 1 侧柏水源涵养林林分概况

树种	株数		断面		胸径/cm		树高/m	
	密度/(株·hm ⁻²)	百分比/%	面积/(m ² ·hm ⁻²)	百分比/%	均值	标准差	均值	标准差
侧柏	1134	67.22	4.100	49.04	6.33	2.47	5.41	1.70
油松	231	13.69	1.793	21.45	9.53	2.85	5.88	2.87
栓皮栎	40	2.37	0.806	9.64	14.85	6.12	8.25	2.25
刺槐	41	2.43	0.304	3.64	9.08	2.55	8.32	1.50
桑树	52	3.08	0.237	2.83	6.97	3.06	5.40	1.75
元宝枫	47	2.79	0.214	2.56	6.96	3.38	6.60	1.85
小叶朴	22	1.30	0.131	1.57	8.43	2.24	5.22	0.607
黑枣	9	0.53	0.126	1.51	12.70	4.49	8.63	2.66
大叶椴	13	0.77	0.106	1.27	10.1	3.25	6.95	1.93
核桃楸	15	0.89	0.097	1.16	7.47	4.89	7.38	2.21
小叶椴	10	0.59	0.085	1.02	9.74	3.49	5.95	1.38
山桃	10	0.59	0.080	0.96	8.95	5.35	4.98	2.03
臭椿	10	0.59	0.053	0.63	7.76	2.98	7.53	2.12
加杨	8	0.47	0.051	0.61	8.09	2.21	7.15	1.66
火炬树	19	1.13	0.047	0.56	5.47	1.26	4.68	0.54
黄栌	6	0.36	0.034	0.41	7.85	4.17	5.64	2.55
山杏	9	0.53	0.031	0.37	6.43	2.97	4.37	1.19
流苏	4	0.24	0.027	0.32	9.00	2.10	6.55	1.54
构树	3	0.18	0.018	0.22	6.37	4.67	5.98	1.23
核桃	3	0.18	0.016	0.19	8.17	1.34	4.5	0.50
合欢	1	0.06	0.004	0.05	7.20	0	5.9	0
总计	1687	100	8.360	100				

2.2 侧柏水源涵养林空间结构

2.2.1 树种混交度 侧柏水源涵养林林分混交度及其分布见表 2 和图 1。从中可知: 侧柏林树种混交度分布规律明显, 混交度从 $M_i=0$ 到 $M_i=1$ 不同取值的比例呈减少趋势, 林分平均混交度为 0.261, 林分以零度混交为主, 零度混交占总体比例为 52.8%, 说明该林分内树种混交程度较低, 林分中同种树大多聚集在一起, 属于混交不良的范畴。其中, 侧柏种群以零度($M_i=0$)、弱度($M_i=0.25$)混交为主, 两种混交方式的林木株数比例为 85%, 且侧柏株数比例为 67.2%(见表 1), 故侧柏种群在空间结构单元中常与 3 株或 3 株以上的同种聚集生长, 混交程度较低。由表 2 知, 油松、栓皮栎作为群落中的第二、第三大优势树种, 中度($M_i=0.5$)混交以上的单元所占比例分别为 85%、100%, 平均混交度分布为 0.52, 0.91, 属于强度混交和极强度混交范畴, 这主要是因为油松、栓皮栎树种株数在林分内所占比例较小, 林分内树种丰富度较高, 油松、栓皮栎树种大多与其它树种相伴而生, 故二者混交度较高。此外, 表 2 显示: 刺槐种群零度($M_i=0$)和弱度混交($M_i=0.25$)的比例为 58%, 混交度较低, 仅次于侧柏种群; 桑树、小叶椴、核桃楸、山

桃、小叶朴、山杏、臭椿、黄栌、加杨、核桃、合欢、构树、流苏种群的混交度以强度($M_i=0.75$)和极强度($M_i=1$)为主, 混交程度普遍较高, 但它们的株数较少, 对林分整体的混交程度影响不大。总体而言, 由于该林分优势种群侧柏株数占整个林分总株数的 67.2%, 其混交度较低进而影响到整个林分混交状况不良, 林分内林木聚集度高, 树种隔离度低。

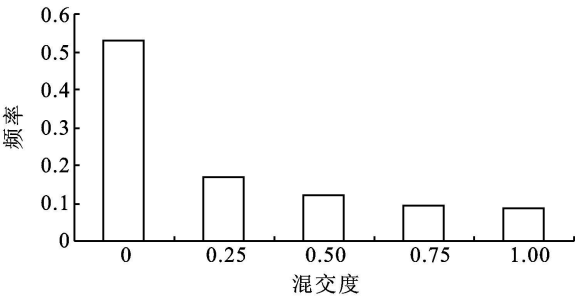


图 1 林分混交度分布图

2.2.2 林木大小分化程度 侧柏水源涵养林林分大小比数分布见图 2。由图 2 可知: 侧柏林分大小比数分布比较均匀, 林木大小差异不明显; 在空间结构单元内, 不同等级的林木分布频率相差不大, 林木较稳定。由表 2 可知: 侧柏、油松、栓皮栎、元宝枫、刺槐种群在空间结构单元中以优势木、亚优势木和中庸木为主, 分别占种群总株数的 57%、67%、89%、66% 和

71%。其中,侧柏种群有 37% 的个体在胸径上处于优势地位,20% 的个体处于中庸状态($U_i=0.5$),处于极劣势地位的株数则相对较少,加之侧柏种群株数在林分内所占比例大,在林分垂直结构中占据着主林层有利生态位,故侧柏种群在林分内优势度十分明显。相比而言,山杏、加杨、流苏、核桃等树种主要以劣势($U_i=0.75$)和绝对劣势($U_i=1$)分布,在林分中处于被压状态;桑树、火炬树树种在空间结构单元中分布

较均匀,不同等级林木分布频率相差不大;黑枣、黄栌、大叶槲、小叶槲、核桃楸、山桃、臭椿、构树、小叶朴等树种在空间结构单元中分布具有一定的优势度,优势木或亚优势木较多,但由于株数较少,树种优势度并不明显。从树种优势度和种群密度综合分析:侧柏、油松、栓皮栎、元宝枫和刺槐种群的优势度都较大,但由于侧柏株数多,个体分布广,较其它 4 个树种而言优势度更加明显。

表 2 侧柏林各树种混交度及大小比分布

树种	混交度						大小比数					
	0	0.25	0.5	0.75	1	M	0	0.25	0.5	0.75	1	U
小叶槲	0	0.1	0	0.4	0.5	0.83	0.1	0.3	0.2	0.3	0.1	0.50
核桃楸	0	0	0.13	0.33	0.53	0.84	0.27	0.20	0.07	0.20	0.27	0.51
大叶槲	0.08	0.31	0.23	0.15	0.23	0.54	0.08	0.38	0.15	0.31	0.08	0.48
油松	0.15	0.23	0.21	0.23	0.18	0.52	0.22	0.23	0.22	0.18	0.16	0.46
侧柏	0.68	0.17	0.10	0.03	0.01	0.13	0.18	0.19	0.20	0.22	0.20	0.51
桑树	0.12	0	0.25	0.25	0.38	0.69	0.15	0.21	0.19	0.19	0.25	0.54
山桃	0	0.10	0	0.30	0.60	0.85	0.4	0.3	0.1	0	0.2	0.33
栓皮栎	0	0	0.05	0.25	0.7	0.91	0.63	0.23	0.03	0.03	0.08	0.18
小叶朴	0	0.05	0.27	0.59	0.09	0.68	0.27	0.32	0.09	0.18	0.14	0.40
合欢	0	0	0	0	1	1.00	0	1	0	0	0	0.25
臭椿	0	0	0	0	1	1.00	0.1	0.4	0.1	0.2	0.2	0.50
山杏	0	0	0.33	0.33	0.33	0.74	0.11	0.22	0.11	0.11	0.44	0.63
构树	0	0	0	0	1	1.00	0.67	0	0	0	0.33	0.33
黄栌	0	0	0	0.67	0.33	0.83	0	0.33	0.50	0	0.17	0.50
黑枣		0.22	0.11	0.11	0.56	0.75	0.33	0.33	0.33	0	0	0.25
刺槐	0.46	0.12	0.12	0.17	0.12	0.34	0.27	0.20	0.24	0.15	0.15	0.43
加杨	0	0	0	0.125	0.875	0.97	0.13	0.13	0	0.38	0.38	0.70
火炬树	0.16	0.41	0	0.43	0	0.42	0.16	0.21	0.21	0.26	0.16	0.51
元宝枫	0.15	0.28	0.23	0.21	0.13	0.47	0.34	0.21	0.11	0.17	0.17	0.41
流苏	0	0	0	1	0	0.75	0	0.25	0	0.5	0.25	0.69
核桃	0	0	0	0.67	0.33	0.83	0.33	0	0	0.33	0.33	0.58

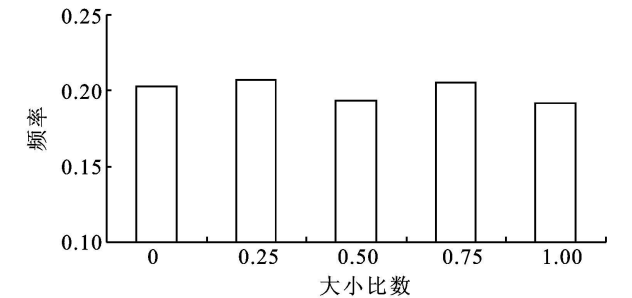


图 2 林分大小比数分布图

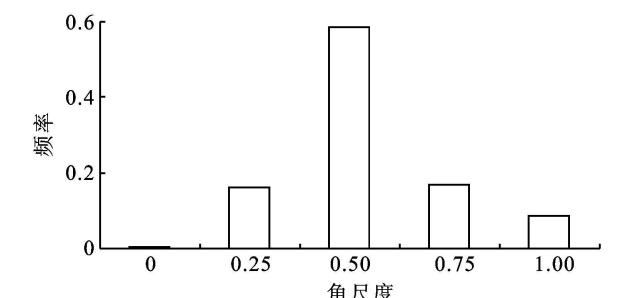


图 3 林分角尺度分布图

2.2.3 角尺度分析 由图 3 可以看出,侧柏水源涵养林内以 $W_i=0.5$ 等级的分布频率最大,角尺度在等级 $W_i=0.5$ 两侧的分布频率相差较大, $W_i=0$ 和 $W_i=0.25$ 的林木株数比例为 16.5%, $W_i=0.75$ 和 $W_i=1$ 的林木株数比例为 25.2%,说明侧柏林林木水平格局为聚集分布;侧柏水源涵养林林分平均角尺度值(\bar{W})为 0.542, $\bar{W}>0.517$,也证明了该侧柏林林木水平分布格局为聚集分布,但聚集程度较低。

3 讨论

林分结构决定林分功能^[16]。林分结构的研究对森林经营技术研究、森林结构与功能量化研究乃至森林健康评价都有着重要意义。对于人工林而言,其林分空间结构的研究,一方面可以对现实林分状态进行真实描述;另一方面可有助于利用这种规律,使人工林的建立、抚育、采伐的方式同潜在的天然森林植被

的关系相接近,并通过现代化的手段分析和重建林分空间结构,模拟最优的林分结构模式,进而为森林的有效保护和合理经营提供可行的方法。而将地面三维激光扫描技术用于林分资源调查并结合混交度等空间结构指标来分析林分空间结构特征的方法,在国内外森林结构研究方面尚未多见。Danson、Moorthy、Tansey 等^[17-19]研究表明:应用地面三维激光扫描技术对林分结构进行研究,在一次扫描过程中可以获取多棵树木的数据,通过数据处理可对样地内树木进行精确定位并可精确测算出每一株树木的胸径、树高、胸高断面面积、冠径、冠幅等测树因子,大大提高了数据的准确性和采集效率。为此,将地面三维激光扫描技术引入林分空间结构特征研究,在丰富我国森林结构研究方法的同时,将有助于推动我国数字化林业建设进程不断前进。

北京西山林场侧柏水源涵养林树种混交度以零度混交和弱度混交为主,林分中树种混交状况较差,林分的树种平均混交度为 0.261,林分混交程度较低。林木大小比数分布存在细微波动性变化,林分中优势、亚优势和中庸状态分布的林木个体比例相差不大,乔木层树种稳定性较好。相对空间结构单元而言,个别等级林木分布频度变化幅度较大,分布格局呈聚集分布。其中,侧柏种群在空间结构单元中的优势度最大:一方面,侧柏种群在株数上所占比例大;另一方面,在垂直结构中占据主林层有利的生态位,林木生长受相邻木的干扰较小,故侧柏种群将在种间竞争中继续保持其优势地位。油松、元宝枫、刺槐、栓皮栎的优势度次之,其中,栓皮栎的胸径优势明显,并占据着群落的最高层,在一定时期内栓皮栎仍将保持其优势地位。但栓皮栎株数所占比例较小,径级分布不连续,缺少中小径级的个体,林下幼苗更新较少,当现存的栓皮栎老化枯死后,树种优势将锐减。其他伴生种群各树种个体数量少,径级分布不连续,优势度并不明显且更新较为困难。因此,对西山林区侧柏水源涵养林进行经营时,可根据生态学原理,从优化空间结构的角度出发,采取间伐和补植乡土树种等调整措施,提高侧柏林的混交度,降低角尺度,在保证非优势种群的顺利生长的同时,增加林分物种组成的多样性并提高群落稳定性,使林分结构更接近于自然状态的林分结构特征,从而提升林分的整体生态服务功能。

参考文献:

[1] Pretzsch H. Structural diversity as a result of silvicultural operations[M]//Olsthoorn A F M, Bartelin H H, Gardiner J J, et al. Management of mixed species forest: silviculture and economics. Wageningen: Dlo Dlo

stitute for Forestry and Nature Research (IBN-DLO), 1999: 157-174.

- [2] 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.
- [3] 岳永杰, 余新晓. 北京松山自然保护区蒙古栎林空间结构特征[J]. 应用生态学报, 2009, 20(8): 1811-1816.
- [4] 王希群, 马履一. 北京低山油松林、侧柏林、栎林块状镶嵌混交经营模式的研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(2): 164-168.
- [5] 史宇, 余新晓. 北京山区天然侧柏林种内竞争研究[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(S2): 36-40.
- [6] 陈慧新. 北京山区主要树种光合蒸腾与耗水特性研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2008.
- [7] 戎建涛, 雷相东. 北京十三陵林场侧柏人工林林分结构的研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(2): 67-71.
- [8] Kirdly G, Brolly G. Tree height estimation methods for terrestrial laser scanning in a forest reserve[J]. IAPRS, 2007, 36: 211-215.
- [9] Kououlas S, Blackburn G. Mapping individual tree location, height and species in broadleaved deciduous forest using airborne lidar and multi-spectral remotely sensed data[J]. International Journal of Remote Sensing, 2005, 26(3): 431-455.
- [10] Jakob Weß. Application and statistical analysis of terrestrial laser scanning and forest growth simulations to determine selected characteristics of Douglas-Fir stands[J]. Folia Forestalia Polonica series A, 2009, 51(2): 123-137.
- [11] Gábor Brolly. Algorithms for stem mapping by means of terrestrial laser scanning[J]. Acta Silv Lign Hung, 2009, 5(1): 119-130.
- [12] 赵阳, 余新晓, 信忠保, 等. 地面三维激光扫描技术在林业中的应用与展望[J]. 世界林业研究, 2010, 23(4): 41-45.
- [13] Hui G Y, von Gadow K. Das win elmass-theoretische überlegungen zum optimalen standardwin e[J]. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 2002, 173(9): 173-177.
- [14] 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.
- [15] 邓送求, 闫家锋. 南京紫金山枫香风景林空间结构分析[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2010, 34(4): 117-122.
- [16] 袁正科, 田育新. 不同功能防护林类型的判别技术研究[J]. 林业科学, 1998, 11(3): 1-5.
- [17] Danson F M, Hetherington D. Forest canopy gap fraction from terrestrial laser scanning[J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2007, 4: 157-160.
- [18] Moorthy I, Miller J R. Retrieving crown leaf area index from an individual tree using ground-based lidar data[J]. Canadian Journal of Remote Sensing, 2008, 34(3): 320-332.
- [19] Tansey K, Selmes N. Estimating tree and stand variables in a Corsican Pine woodland from terrestrial laser scanner data[J]. International Journal of Remote Sensing, 2009, 30(19): 5195-5209.