

北京市西山地区栓皮栎林空间结构特征研究

赵阳^{1,2}, 余新晓^{1,2}, 信忠保^{1,2}, 黄枝英^{1,2}, 邓文平^{1,2}, 王贺年^{1,2}

(1. 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

摘要: 以地面三维激光扫描仪作为林分资源调查的技术手段, 采用“多站式”扫描方法来获取栓皮栎林标准地内林木树种、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 个指标分析了北京市西山林区栓皮栎林样地的空间结构特征。研究结果表明: (1) 栓皮栎林乔木层共包括 15 个树种, 其中, 栓皮栎种群在密度和断面面积量方面占有明显优势, 是乔木层的建群种和优势种; (2) 栓皮栎林整个林分混交度较低, 平均混交度 0.306, 各树种混交度以栓皮栎、栎树为最低, 其它伴生树种以中度、强度和极强度为主; (3) 栓皮栎、元宝枫、刺槐、辽东栎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 64%, 68%, 64% 和 59%, 其它树种优势度不明显; (4) 栓皮栎林林分平均角尺度为 0.528, 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; 栓皮栎林; 空间结构

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)04-0022-06

中图分类号: S792.18

Spatial Structure Characteristics of *Quercus Variabilis* Forests in Xishan Mountain Area of Beijing City

ZHAO Yang^{1,2}, YU Xin-xiao^{1,2}, XIN Zhong-bao^{1,2},
HUANG Zhi-ying^{1,2}, DENG Wen-ping^{1,2}, WANG He-nian^{1,2}

(1. Key Lab of Soil and Water Conservation & Desertification Combating of Ministry of Education, Beijing 100083, China; 2. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: This study investigated quantitative forest stand parameters at the plot-level such as the tree height, diameter, basal area, and other parameters with terrestrial laser scanning and “multi-stop” scanning method, then the spatial structural characteristics of one plot-level stand of *Quercus variabilis* forests in Xishan Mountain of Beijing City were described by using mingling degree, neighborhood comparison and uniform angle index. The result showed that there were fifteen populations in arbor layer of *Quercus variabilis* forests, among which, *Quercus variabilis* 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 0.306, suggesting the low mingling degree of the stand. The dominant species such as *Quercus variabilis* and *Koelreuteria paniculata* population were mainly none or less-mixed, while the accompanying species generally presented moderate, intensity and high intensity. In the spatial structural units, *Quercus variabilis*, *Acer truncatum*, *Robinia pseudoacacia* and *Quercus liaotungensis* Koidz were mainly of dominant, sub-dominant, and intermediate trees, accounting for 64%, 68%, 64% and 59% of the total plants of the populations respectively, while the advantage of other populations was not obvious. The uniform angle index value of *Quercus variabilis* forests was 0.528, indicating that the spatial pattern of the stands was of aggregative distribution, but the aggregation degree was not high and the aggregation scale was not large.

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

林分空间结构作为决定生境和物种多样性的主要因子, 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及其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

收稿日期: 2010-12-06

修回日期: 2010-12-21

资助项目: 林业公益性行业科研专项经费项目“典型区域森林生态系统健康维护与经营技术研究”(200804022); 林业公益性行业科研专项“海河上游水源涵养林体系构建技术与示范”(2011BAD38B05)

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

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

其空间生态位,在很大程度上影响着林分生长、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分析所得的林分空间结构可解析性更高。

栓皮栎(*Quercus variabilis* Blume)为山毛榉科,栎属植物,原产北非地中海沿岸,是我国重要的用材树种,在我国分布极为广泛。其作为北京市低山地区森林组成的主要树种之一,在水源涵养、水土保持以及净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,栓皮栎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。在以往对北京市山区栓皮栎林结构的研究主要集中在群落结构、物种组成、物种多样性等方面^[4-6],鲜有对栓皮栎林空间结构特征的研究。本研究将采用现代森林生态学和森林经理学方法,利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栓皮栎林的空间结构特征进行分析研究,从优化森林空间结构的视角,分析和准确表达栓皮栎林生态系统目前所存在的问题及其原因,旨在为北京地区栓皮栎林的近自然经营提供理论模式和技术支持。

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 $116^{\circ}28'$,北纬 $39^{\circ}34'$,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 $15^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 。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°C ,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月份的降雨量占全年降雨量的70%以上。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:油松(*Pinus tabulaeformis*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、白皮松(*Pines bungeana*)、华北落叶松(*Larix principis-rupprechti*)、栓皮栎、刺楸(*Robinia pseudacacia*)、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* var. *heterophylla*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、孩儿拳头(*Grewia biloba*)、蚂蚱腿子(*Myrica dioica*)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)等。

2 研究方法

2.1 野外样地调查

2009年8月在对西山林区森林植被进行全面调查的基础之上,根据林分特点,按照选取具有代表性、原始性、典型性样地的原则,采用典型选样法,在西山林区栓皮栎林内设置了栓皮栎林固定调查样地1块,样地设在山地深处,地理位置较偏僻,样地周围2 km范围内没有发现人为采伐痕迹,人类的轻度干扰并未对栓皮栎林的空间结构产生较大影响。该样地内以栓皮栎为优势种,样地面积 $100\text{ m}\times 100\text{ m}$,利用GPS进行定位,并测定样地坡度、坡向、经度、纬度、海拔等立地因子,并进行植被群落学调查。经测定,样地海拔为301 m,坡向西偏北 15° ,坡度 17.5° ,立地条件较好,郁闭度0.8,林龄为40 a。采用相邻网格法,将样地分成25个 $20\text{ m}\times 20\text{ m}$ 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点法(*clustering method*)可对林分内的乔木进行树高、胸径、枝下高、胸高断面积、冠幅、冠径等参数信息的量测以及树木的精确定位^[7]。此外,参照整个标准地的全景立体式点云图像以及扫描同步所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、给林业生产造成极大不便相比,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了较大提高^[8-13]。此外,鉴于林分空间结构参数与样地大小有关,惠刚盈等^[14]研究认为,当样地面积为 $2\ 500\text{ m}^2$ 及以上时能够较为真实地反映林木空间分布格局,本研究中的栓皮栎林样地面积为 1 hm^2 ,完全能够满足林分空间结构分析的需要。扫描样地过程中,为了消除林分边缘树木对林分结构的影响,样地采用8邻域样地法进行边缘校正。所谓8邻域样地就是分别在原

样地的上、下、左、右、左上、左下、右上、右下共 8 个方向复制原样地, 形成由 9 个相同样地组成的大样地, 然后计算原样地的林分混交度, 以消除边缘影响^[15]。

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 Winkelmass 1.0 对固定样地的林分结构参数进行综合分析, 分别计算了栓皮栎林林分内的树种混交度、大小比数和角尺度等林分结构参数^[16]。

(1) 树种混交度(M_i)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, 用公式表示为:

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

式中: 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 $v_{ij} = 0$ 。当考虑参照树周围的 4 株相邻木时, M_i 的取值有 5 种: 0.00, 0.25, 0.50, 0.75 和 1.00。当 $M_i = 0.00$ 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。用公式表示为:

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

式中: 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: 0.00, 0.25, 0.5, 0.75 和 1.00。 $U_i = 0.00$ (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(W_i)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(W_i)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 ——第 i 株参照树的角尺度; n ——参照树的总株数, 当第 i 个 α 角小于标角 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, 即 $n = 4$ 时, W_i 取值有 5 种可能, 分别为 0.00, 0.25, 0.50, 0.75 和 1.00, 林分平均角尺度 W_i 落在 $[0.475, 0.517]$ 范围内, 说明林木整体分布格局属随机分布, 林分平均角尺度 $W_i > 0.517$ 时林木为团状分布, 林分平均角尺度 $W_i < 0.475$ 时为均匀分布。

在本研究相关计算中, 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。惠刚盈等^[17-19]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比较强, 较适宜于描述林分的空间结构特征。

3 结果与分析

3.1 栓皮栎林树种组成

栓皮栎林林分概况见表 1。在所调查的样地内, 乔木层共有 15 个树种, 林分密度约为 1501 株/hm², 林分郁闭度 0.8。由表 2 可知, 栓皮栎树种重要值为 58.78%, 说明栓皮栎在该林分内占有绝对优势, 既是该群落的优势种, 也是建群种; 伴生树种主要有元宝枫、构树、刺槐、桑树、辽东栎、五角枫、榭树、栎树等 14 个树种, 伴生树种株数所占比例较小, 除元宝枫外, 其它伴生树种株数比例均不足 10%。该林分内针叶树株数比例不足 0.4%, 阔叶树为 99.6%, 其中栓皮栎的断面积占林分总断面积的 78.86%, 元宝枫的断面积占林分总断面积的 10.01%, 其它树种的断面积占林分总断面积的比例均小于 10%, 说明该林分为以阔叶树种为主, 针叶树种为辅的栓皮栎混交林, 林分树种组成式为: 8 栓皮栎 1 元宝枫 + 刺槐 + 辽东栎—构树—榭树—桑树—五角枫—油松—栎树—构树—侧柏—山楂—紫椴—山杨。从林分垂直结构看, 该林分可划分为 3 个林层: 小于 5 m, 5~11 m, 大于 11 m。其中, 栓皮栎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 50% 的林木树高处于 5~11 m 林层, 故 5~11 m 范围是该林分的主林层。综合林分树种各

项指标分析表明,栓皮栎林物种多样性较丰富,整个林分内以栓皮栎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,林木生长状况与其它树种相比较好。

表 1 栓皮栎林林分概况

树种	株数/ hm ²	比例/ %	断面积/ (m ² · hm ⁻²)	胸径 DBH/ cm		树高/ m	
				均值	标准差	均值	标准差
栓皮栎	1 067	71.09	19.306	13.32	7.68	7.88	2.92
元宝枫	157	10.46	2.451	11.25	5.16	6.84	2.15
构树	59	3.93	0.308	7.45	3.34	5.27	2.15
刺槐	56	3.73	1.009	12.54	8.83	8.08	3.81
桑树	44	2.93	0.178	5.33	4.87	4.73	2.57
辽东栎	38	2.53	0.611	13.54	4.68	11.99	2.20
五角枫	20	1.33	0.146	8.78	4.06	4.45	1.31
槲树	19	1.27	0.298	13.35	4.78	5.96	1.16
栎树	13	0.87	0.042	5.35	3.68	4.70	1.84
构树	11	0.73	0.040	6.52	1.89	4.76	1.24
山楂	7	0.47	0.009	4.10	1.76	3.41	1.32
油松	3	0.20	0.046	13.77	2.87	9.57	4.65
侧柏	3	0.20	0.027	11.70	4.54	5.53	0.91
蒙椴	3	0.20	0.004	4.10	0.36	4.70	0.52
山杨	1	0.07	0.002	5.40	0	5	0
总计	1 501	100	24.480				

表 2 标准地群落主要乔木树种重要值

树种	相对 频度/ %	相对 密度/ %	相对显 著度/ %	重要值
栓皮栎	26.37	71.09	78.87	58.78
元宝枫	10.99	10.46	10.01	10.49
构树	19.78	3.93	1.26	8.32
刺槐	10.99	3.73	4.12	6.28
辽东栎	5.49	2.53	2.50	3.51
桑树	3.30	2.93	0.73	2.32
槲树	4.40	1.27	1.22	2.30
栎树	5.49	0.73	0.16	2.13
栎树	3.30	0.87	0.17	1.45
五角枫	2.20	1.33	0.60	1.38
山楂	2.20	0.47	0.04	0.90
侧柏	2.20	0.20	0.11	0.84
油松	1.10	0.20	0.19	0.50
蒙椴	1.10	0.20	0.02	0.44
山杨	1.10	0.07	0.01	0.39

3.2 栓皮栎的空间结构

3.2.1 树种混交度 栓皮栎林林分混交度及其分布见表 3 和图 1。由图 1 可知,栓皮栎林树种混交度分布规律明显,混交度从 $M_i = 0$ 到 $M_i = 1$ 不同取值的比例大致呈减少趋势,林分平均混交度为 0.306,林分以零度混交为主,零度混交所占总体比例为 44.9%,说明该栓皮栎林林分内树种混交程度较低,林分中同种树大多聚集在一起,处于混交不良的范

畴。其中,栓皮栎种群以零度、弱度混交为主,两种混交方式的林木株数比例为 85%,说明栓皮栎种群的混交状况最差,空间结构单元中常与 3 株或 3 株以上的同种相伴;栎树种群零度和弱度混交的比例为 61%,混交度较低,仅次于栓皮栎种群;构树、刺槐、辽东栎、桑树、槲树、山楂、侧柏、油松、紫椴、山杨的混交度以强度和极强度为主,说明这些伴生种群混交程度普遍较高,种群同种个体聚集程度较低,林木混交状况较好;五角枫、栎树、元宝枫混交度两极分化现象严重。总体而言,由于该林分优势种群栓皮栎株数占整个林分总株数的 71.09%,其混交度较低进而影响到整个林分混交状况不良,整个林分林木聚集度高,伴生树种除栎树种群外,其它种群同种个体聚集程度较低,树种混交度较大,林木混交状况较好。

3.2.2 林木大小分化程度 由图 1 可以看出,栓皮栎林林分大小比数分布比较均匀,优势木相比而言较少。也说明栓皮栎混交林内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,分布较均匀,林木分化程度高。由表 3 可得知,栓皮栎、元宝枫、刺槐、辽东栎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 64%, 68%, 64% 和 59%。其中,栓皮栎种群有 44% 的个体在胸径上处于优势地位,超过 20% 的个体处于中庸状态,处于极劣势地位的株数则相对较少,加之栓皮栎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, 故栓皮栎种群在林分内优势度十分明显。相比而言, 构树、桑树、榭树、柁树、栾树、五角枫、山楂、侧柏等树种主要以劣态和绝对劣态分布, 分化程度差异较大, 在林分中处于被压状态。油松、蒙椴、山杨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: 栓皮栎和元宝枫的树种优势度都较大, 但由于栓皮栎株数多, 个体分布广, 较元宝枫而言优势度更加明显。

表 3 栓皮栎林各树种混交度及大小比分布

树 种	混交度 M						大小比数 U					
	0	0.25	0.5	0.75	1	\bar{M}	0	0.25	0.5	0.75	1	\bar{U}
栓皮栎	0.61	0.24	0.07	0.06	0.02	0.13	0.19	0.25	0.20	0.19	0.17	0.48
元宝枫	0.07	0.14	0.30	0.21	0.28	0.61	0.17	0.26	0.25	0.21	0.11	0.46
构 树	0	0.02	0.11	0.39	0.48	0.83	0.05	0.04	0.11	0.33	0.47	0.78
刺 槐	0	0.05	0.32	0.27	0.35	0.73	0.38	0.26	0	0	0.36	0.43
辽东栎	0	0.01	0.32	0.36	0.32	0.75	0.33	0.12	0.14	0.41	0	0.41
桑 树	0	0.11	0.23	0.42	0.24	0.70	0.14	0.16	0.14	0	0.56	0.67
榭 树	0	0	0.46	0.52	0.03	0.65	0.10	0.10	0.22	0.26	0.33	0.66
柁 树	0	0.38	0.25	0.21	0.16	0.54	0.24	0.08	0.15	0.24	0.29	0.35
栾 树	0.17	0.44	0	0.23	0.15	0.43	0	0.20	0	0.40	0.40	0.75
五角枫	0	0.38	0.26	0.24	0.12	0.53	0.20	0.10	0.18	0.20	0.32	0.33
山 楂	0	0	0	1	0	0.75	0	0.06	0.06	0.27	0.61	0.86
侧 柏	0	0	0	1	0	0.75	0	0	0	0	1	1.00
油 松	0	0	0	0	1	1.00	0.30	0	0.25	0.10	0.35	0.55
蒙 椴	0	0	0	0	1	1.00	0.20	0.3	0.40	0.10	0	0.35
山 杨	0	0	0	0	1	1.00	0	1	0	0	0	0.25

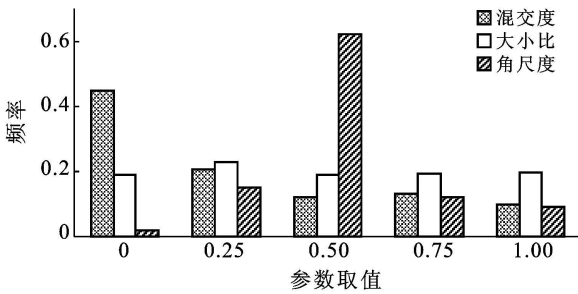


图 1 栓皮栎林内各树种混交度、大小比数及林分角尺度分布

3.2.3 角尺度分析 栓皮栎林内以 $W_i = 0.5$ 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 17%, $W_i = 0.75$ 和 $W_i = 1$ 的林木株数比例为 21%, 说明栓皮栎林林木水平格局为聚集分布; 栓皮栎林林分平均角尺度值(\bar{W})为 0.528, $\bar{W} > 0.517$, 说明栓皮栎林林分林木水平分布格局为聚集分布, 但聚集程度较低(图 1)。

4 结论

林分结构决定着林分功能, 有什么样的林分结构, 就有相应的林分功能^[20]。因此, 林分结构研究对森林经营技术研究、森林结构与功能研究乃至森林健

康评价都有着重要意义。采用地面三维激光扫描技术获取林分结构参数并配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。Tansey, Moorthy, Danson 等^[12-13, 21] 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数据, 通过数据处理可精确测算出每一棵树的胸径、树高、胸高断面积、冠径等测树因子, 大大地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, 是我国数字化森林结构研究未来的发展方向。

本研究在地面三维激光扫描数据基础之上, 利用树种混交度、大小比数、角尺度 3 个参数从单木角度对西山林区栓皮栎林林分结构规律进行了描述。首先, 栓皮栎林的空间结构从树种组成上看, 林分乔木层中共分布有 15 个树种, 物种丰富度较高; 林分垂直结构特征明显, 可分为 3 个林层, 呈现出典型的复层林结构特征。其次, 从空间结构各指标来看: (1) 林分平均混交度为 0.306, 主要以零度混交和弱度混交为主, 林分内同种林木多聚集在一起, 隔离度低, 林分整体混交状况不良。以栓皮栎种群为例, 其作为该林分的建群种与优势种, 较其它伴生树种而言, 混交度最差, 栾树次之。除此之外, 其它种群同种个体聚集

程度较低,在某一空间结构单元中常与2株或2株以上不同树种相邻,树种混交度较大,林分混交状况良好。(2)栓皮栎林林分平均角尺度为0.528,林分水平分布格局为聚集分布,但聚集水平较低。(3)林分的胸径大小比数频率分布形成以中庸状态为对称轴的正态分布特征栓皮栎种群在空间结构单元中的树种优势度最大。一方面,栓皮栎种群在株数上所占比例大,在胸径上处于优势地位;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。故栓皮栎种群将在种间竞争中继续保持优势地位。元宝枫、刺槐、辽东栎的优势度次之,其中,辽东栎的胸径优势明显,并占据着群落的最高层,在一定时期内辽东栎仍将保持其优势地位。但辽东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,当现存的辽东栎老化枯死后,树种优势将不复存在。其它伴生种群中除元宝枫、刺槐等在竞争中具有一定优势外,绝大部分树种均处于劣势地位,且各树种个体数量少,径级分布不连续,优势度并不明显且更新较为困难。因此,对西山林区栓皮栎林进行经营时,可根据生态学原理,从优化空间结构的角度出发,采取相应的保护措施,保证非优势种群的顺利生长,以保持物种多样性和群落的稳定性,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[C] // Olsthoorn A F M, Bartelink H H, Gardiner J J, et al. Management of mixed species forest: Silviculture and economics. Wageningen: Dlo Institute for Forestry and Nature Research (IBN-DLO), 1999: 157-174.
- [2] Hui G Y, von Gasow K. Modern Forest Management of Germany[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2001.
- [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):181-1816.
- [4] 沈年华,万志洲.紫金山栓皮栎群落结构及物种多样性[J].浙江林学院学报,2009,26(5):696-700.
- [5] 何加宜.北京妙峰山地区栓皮栎林物种多样性的研究[J].现代园林,2006(8):36-38.
- [6] 吴晓蕾,王志恒.北京山区栎林的群落结构与物种组成[J].生物多样性,2004,12(1):155-163.
- [7] Király G, Brolly G. Tree height estimation methods for terrestrial laser scanning in a forest reserve[J]. IAPRS Volume, 2007, 36: 21-215.
- [8] 赵阳,余新晓.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.
- [9] Jakob Wei. 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.
- [10] Gábor Brolly. Algorithms for stem mapping by means of terrestrial laser scanning[J]. Acta Silv Lign Hung, 2009, 5(1): 119-130.
- [11] Koukoulas 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] Li L, Hui G Y. A Study on the minimum area of forest spatial investigation[J]. Forest Resources Management, 2007, 2: 47-51.
- [15] 周红敏,惠刚盈.林分空间结构分析中样地边界木的处理方法[J].林业科学,2009,45(2):1-5.
- [16] Hui G Y, von Gadow K. Das winkelmass-theoretische überlegungen zum optimalen standardwinke[J]. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 2002, 173(9): 173-177.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] Danson F M, Hetherington D. Forest canopy gap fraction from terrestrial laser scanning[J]. Geoscience and Remote Sensing, 2007, 4(1): 157-160.