

文章编号: 1001-1498(2008)01-0126-05

## 滇中高原云南松林分直径结构研究

姜磊<sup>1,2</sup>, 陆元昌<sup>3</sup>, 廖声熙<sup>1,3\*</sup>, 李昆<sup>1</sup>, 李根前<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南 昆明 650224; 2. 西南林学院, 云南 昆明 650224;  
3. 中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091)

关键词: 云南松; 林分结构; 分布函数; 直径分布; 滇中高原

中图分类号: S791.257

文献标识码: A

### A Study on Diametral Structure of Yunnan Pine Forest in the Plateaus of Mid-Yunnan Province

JIANG Lei<sup>1,2</sup>, LU Yuan-chang<sup>3</sup>, LAO Sheng-xi<sup>1,3</sup>, LI Kun<sup>1</sup>, LI Gen-qian<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Resources Insects, CAF, Kunming 650224, Yunnan, China; 2. Southwest Forestry College,  
Kunming 650224, Yunnan, China; 3. Research Institute of Resource Information Techniques, CAF, Beijing 100091, China)

**Abstract:** Yunnan Pine is the predominant woody tree in southwestern China as well as one of important forest resource in China. The paper give a study to Yunnan pine forest in mid-Yunnan province and Weibull distribution were used to fit and forecast the diametral distribution regularity of natural and man-made Yunnan pine forest. All distributions were checked by  $\chi^2$  checking method. The results showed that Weibull and distribution could describe the diametral distribution well. The curves' measure of skewness is left, and kurtosis value is positive. The curves have the features of high precision and good adaptability. Between them, Weibull distribution's fitting is better than distribution and could be used to forecast the yield, woody quantity and to evaluate management.

**Key words:** Yunnan pine; forest structure; distribution function; diametral distribution; plateaus of Mid-Yunnan Province

云南松 (*Pinus yunnanensis* Franch.) 是我国西南地区主要用材树种之一,也是云贵高原上常见的主要针叶树种,为我国西部偏干性亚热带的典型代表群系,分布以滇中高原为中心,其地理在  $23^{\circ} \sim 29^{\circ} \text{N}$ ,  $98^{\circ} 30' \sim 106^{\circ} 30' \text{E}$ , 是一个形状不规则的多角形分布区,海拔  $500 \sim 3200 \text{m}$ , 气候属高原季风类型,冬暖夏凉,夏秋季雨量集中,冬春干旱严重,干湿季分明。云南松林占云南省林地总面积的 52%、有林地蓄积的

32%, 是云南省的最主要森林植被类型之一<sup>[1]</sup>, 也是其分布区内瘠地荒山造林的先锋树种<sup>[2-4]</sup>; 但是, 云南松 80% 为同龄纯林, 组成简单、生物多样性低, 因此导致病虫害危害加剧, 林分稳定性下降; 其次, 林木分化严重, 密度不合理 (天然林稀疏而人工林又过密), 蓄积量小, 不能充分利用林地生产力。因此, 如何提高云南松纯林的林分质量和林地生产力, 并使其生产功能及生态功能得以协调发挥和可持续利用是云南林

收稿日期: 2007-09-04

基金项目: 国家林业局科技支撑项目“天然林保护工程重点技术研究及试验示范”的部分内容, 国家“十一五”科技支撑计划专题“天然林区人工林近自然化改造技术”(2006BAD03A04-03)

作者简介: 姜磊 (1973—), 男, 贵州紫云人, 工程师, 硕士。

\* 通讯作者

业急需解决的主要问题之一。

林分在生长过程中都有特定的结构规律,如胸径、树高、形数、材积、树冠等,合理的林分直径结构是充分发挥森林各种功能的基础<sup>[5]</sup>。在林分结构的研究中多为直径和树高两项内容,而直径结构的研究已有近百年的历史,从研究者所使用的方法看,主要有列点法(List of diameters)、林分表法(Stand table)、分布函数法(Distribution Function)和百分位法(Percentile)<sup>[6-7]</sup>。在早期的直径结构研究中,主要采用前两种方法,随着计算机技术的发展,人们把研究重点转移到了分布概率曲线的静态拟合,如正分布、对数正态分布、Weibull分布、Sb分布、Weibull分布等<sup>[8-10]</sup>。本文利用 Weibull分布函数、分布函数拟合及预测云南松天然林和人工林直径分布规律,为云南松林分产量的利用价值及林分收获、森林经营提供科学依据。

## 1 试验地自然概况

试验地设在云南省禄丰县一平浪林场,地处滇中高原、云岭东延乌蒙山支脉,位于 24°59'~25°13' N, 101°40'~102°05' E,海拔 1 495~2 594 m。气候属中亚热带高原季风区,立体气候明显,干湿季节分明;年平均气温 15.6~16.2℃,最高气温 36.1℃,最低气温 -4.5℃,10 年积温 4 900~5 913℃;年平均降水量 930.5 mm,5—10月降水量占全年降水量的 89.

5%,而 11月至次年 5月降水量仅占全年降水量的 10.5%。地带性植被为亚热带常绿阔叶林,现存类型包括温凉性常绿阔叶针叶混交林、暖温性针阔混交林和干热河谷灌草丛,主要乔木树种有云南松、华山松(*Pinus amandi* Franch)、滇油杉(*Keteleeria evelyniana* Mast)、元江栲(*Castanopsis orthacantha* Franch)、高山栲(*Castanopsis delavayi* Franch)、滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucooides* Schottky)、滇石栎(*Lithocarpus dealbatus* Rehd)、旱冬瓜(*Alnus nepalensis* D. Don)、麻栎(*Quercus acutissima* Carr)、锐齿槲栎(*Quercus aliena* B I var *acuteserrata* Max)等。土壤类型主要有红壤、黄棕壤、森林棕壤(2 300~2 500 m)和紫色土(2 300 m以下)。

## 2 材料与方法

### 2.1 试验材料

2003—2005年,在云南省禄丰县一平浪林场内设置了多块云南松林样地,采用典型选样的方法在人工林和天然林内各选取 2块典型样地,其中,天然林样地每块面积为 900 m<sup>2</sup>,林龄 52 a;人工林样地每块面积为 600 m<sup>2</sup>,林龄 19 a;样地株数 128~198,密度 1 420~3 300株·hm<sup>-2</sup>,计测环境要素、林地状况和林分特征,主要内容包括地形、土壤、植被及每木检尺,对样地内胸径 5.0 cm的所有林木分树种实测其胸径等因子,典型样地的基本概况见表 1。

表 1 样地基本概况

| 样地号 | 林分起源 | 检尺株数/株 | 直径分布范围/cm | 林分平均直径/cm | 直径标准差/cm | 年龄/a |
|-----|------|--------|-----------|-----------|----------|------|
| 1   | 人工   | 164    | 5.0~21.3  | 10.34     | 3.6095   | 19   |
| 2   | 人工   | 198    | 5.0~17.4  | 7.88      | 2.4019   | 19   |
| 3   | 天然   | 167    | 5.0~36.5  | 13.53     | 7.4053   | 52   |
| 4   | 天然   | 128    | 5.0~38.2  | 14.70     | 8.1213   | 52   |

### 2.2 研究方法

根据众多学者的研究<sup>[11-17]</sup>,Weibull分布函数和分布函数具有适应性强、灵活性大的特点,可拟合不同偏度、峭度的曲线,尤其威布尔分布的参数还具有一定的林学意义。因此,本研究选择威布尔分布函数和分布函数分别进行林分株数—直径分布拟合,拟合结果用 $\chi^2$ 检验法进行检验。

2.2.1 威布尔分布函数 Weibull分布最初由瑞典物理学家 W. Weibull提出,现已经成为林分结构模型研究中的一种重要的分布,它对直径分布和树高分布均能进行很好的拟合。实践和理论都表明其灵活性强、适应性广,但参数估计方法至关重要,它在—

定的程度上决定了其模拟效果。三参数威布尔分布函数概率密度函数为:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{c}{b} (x-a)^{c-1} \exp\left\{-\frac{(x-a)^c}{b}\right\} & x \geq a, b > 0, c > 0 \\ 0 & x < a \end{cases}$$

式中,参数  $a$  为位置参数,指明  $x$  变量的可能最小值,参数  $b$  为尺度参数,确定其尺寸的大小,而  $c$  为形状参数,确定其形状。

2.2.2 分布函数 分布函数概率密度函数为:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x^{a-1} (1-x)^{b-1}}{(a,b)} & 0 < x < 1 \\ 0 & x \notin (0, 1) \end{cases}$$

式中,  $a, b$  为形状参数。

### 3 结果与分析

#### 3.1 滇中高原云南松林分的径级结构特点

根据样地调查,云南松人工林林龄为 19 a,林分平均树高 7.5 m,在 4.2~10.8 m 间变动,平均胸径 8.5 cm,在 5.0~15.9 cm 间变动,林木密度约为 3 020 株·hm<sup>-2</sup>;云南松天然林林龄为 52 a,林分平均树高 10.8 m,在 3.2~17.7 m 间变动,平均胸径 13.5 cm,在 5.0~

28.6 cm 间变动,林分密度约为 1 640 株·hm<sup>-2</sup>。

云南松林各径阶分布株数见图 1,其直径结构相对简单,基本规律都是 6 径阶到 12 径阶的林木株数在林分中所占比重最多,随着径阶的增加各径阶的林木株数逐渐减少。云南松天然林年龄相对较大,直径结构比人工林要复杂得多,相对离散程度较大,虽然树木大多集中在中小径阶,但较大径阶仍有树木分布。

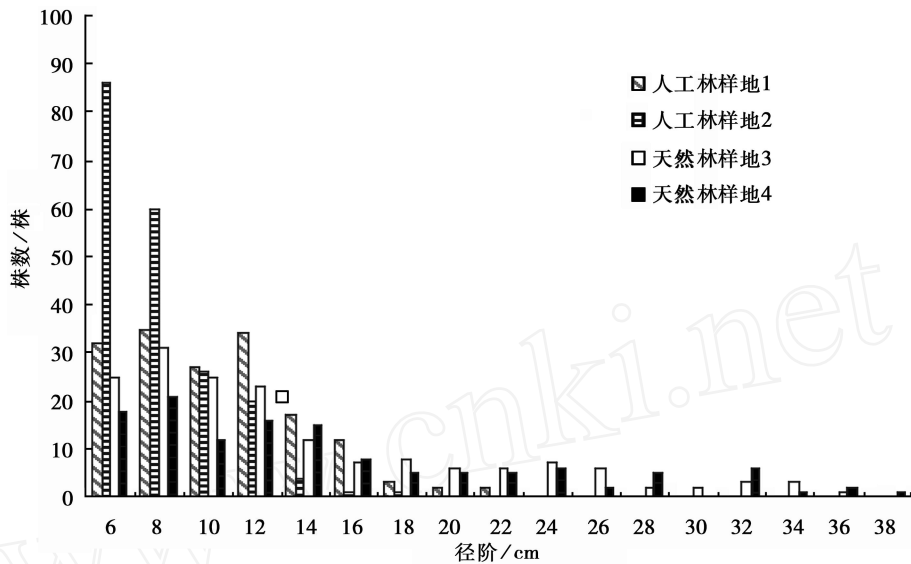


图 1 不同样地云南松各径阶分布株数

云南松是强阳性树种,林木自然稀疏比较强烈,特别在 10~20 a 的幼龄林期。被调查的云南松人工林正好处于此阶段,株数较多,立木度较大,林木树冠重叠,促使林冠层发生分化,大部分林木转化为林冠下的被压木,由于得不到足够的光照而生长不良,因此人工林样地中绝大多数株数为小径阶;被调查的云南松天然林已接近成熟期,林分疏,密度小,大径阶林木较少。从总体上看,云南松林分单位面积上的蓄积量小、干形不良,应及时进行近自然化改造,逐步改善林分的遗传结构,促进其形成结构合理、生产力较高的林分。

#### 3.2 林分直径分布拟合与检验

3.2.1 参数估计 Weibull 分布函数参数估计的求解方法较多,研究直径分布时一般将参数  $a$  定为林分直径最小径阶的下阶值(即  $a = d_{min}$ ),对于  $b, c$  两参数的求解方法有最大似然估计法、参数回收法(Paramenter Recovery Method,简称 PRM)、百分位数法、线性求解法及近似估计法等等。其中最大似然估计法最精确,但求解过程较烦琐;近似估计法最简

单,但拟合效果不如前者。为减轻计算工作量,本文 Weibull 分布函数参数可用样本观测资料进行估计<sup>[18-19]</sup>,分布函数参数估计同理<sup>[19]</sup>。

表 2 直径分布函数参数估计值

| 项目        | 样地号         |            |             |             |
|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|
|           | 1           | 2          | 3           | 4           |
| 威布尔分布函数参数 | $a=5.0$     | $a=5.0$    | $a=5.0$     | $a=5.0$     |
|           | $b=14.5544$ | $b=3.8406$ | $b=12.6221$ | $b=16.4132$ |
|           | $c=1.5065$  | $c=1.2031$ | $c=1.1553$  | $c=1.1994$  |
| 分布函数参数    | $a=1.1433$  | $a=0.8697$ | $a=0.6970$  | $a=0.7174$  |
|           | $b=2.3479$  | $b=2.8791$ | $b=1.8764$  | $b=1.7384$  |
| 偏度系数      | 0.6465      | 1.1578     | 1.1579      | 1.0276      |
| 峰度系数      | -0.0306     | 1.2116     | 0.5286      | 0.1851      |

参数估计结果见表 2。4 块样地的 Weibull 分布函数形状参数  $c$  的估计值均在 (1, 3.6) 之间,偏度系数均  $>0$ ,除样地 1 外,其余 3 块样地的峰度系数均  $>0$ ,表明云南松天然林和人工林的直径分布呈左偏,形状上属单峰山形,较正态分布尖峭。整个林分中,小径阶的林木占多数,其径级结构中,小径阶的

林木株数最多,随着直径的增大林木株数开始递减,达到一定径阶后,递减速度减缓直至平稳。

图 1 所显示的径级分布呈反“J 型递减分布,这与参数估计的结果不符。究其原因,由于林分中还存在许多径阶在 5 cm 以下的林木,因为没有达到起

测径阶而未予记录,从而造成图 1 显示的结果与参数估计的结果不符,其实际形状应为山形,只是左偏较为严重。

3.2.2 分布拟合 根据样本观测资料进行估计求得各径阶的实际株数与理论株数(表 3)。

表 3 各径阶实际株数与分布函数拟合结果

| 样地号 | 类别       | 径阶/cm |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|----------|-------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|     |          | 6     | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18  | 20  | 22  | 24  | 26  | 28  | 30  | 32  | 34  | 36  | 38  |
| 1   | 实际株数/株   | 32.0  | 35.0 | 27.0 | 34.0 | 17.0 | 12.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 威布尔分布理论值 | 31.7  | 41.3 | 35.3 | 25.1 | 15.7 | 9.0  | 4.7 | 2.3 | 1.1 |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 分布理论值    | 29.9  | 32.5 | 28.9 | 24.3 | 19.2 | 14.1 | 9.2 | 4.7 | 1.2 |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2   | 实际株数/株   | 86.0  | 60.0 | 26.0 | 20.0 | 4.0  | 1.0  | 1.0 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 威布尔分布理论值 | 95.6  | 58.4 | 28.3 | 12.3 | 5.0  | 1.9  | 0.7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 分布理论值    | 80.3  | 51.0 | 32.6 | 19.5 | 10.1 | 3.8  | 0.6 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 3   | 实际株数/株   | 25.0  | 31.0 | 25.0 | 23.0 | 12.0 | 7.0  | 8.0 | 6.0 | 6.0 | 7.0 | 6.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 3.0 | 1.0 |     |
|     | 威布尔分布理论值 | 28.2  | 27.4 | 23.6 | 19.5 | 15.8 | 12.5 | 9.8 | 7.6 | 5.9 | 4.5 | 3.4 | 2.6 | 1.9 | 1.4 | 1.1 | 0.8 |     |
|     | 分布理论值    | 37.0  | 22.7 | 18.1 | 15.2 | 13.1 | 11.3 | 9.9 | 8.6 | 7.4 | 6.3 | 5.3 | 4.3 | 3.4 | 2.5 | 1.5 | 0.6 |     |
| 4   | 实际株数/株   | 18.0  | 21.0 | 12.0 | 16.0 | 15.0 | 8.0  | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 6.0 | 2.0 | 5.0 | 0.0 | 6.0 | 1.0 | 2.0 | 1.0 |
|     | 威布尔分布理论值 | 17.6  | 18.5 | 16.9 | 14.7 | 12.4 | 10.2 | 8.3 | 6.7 | 5.3 | 4.2 | 3.3 | 2.5 | 2.0 | 1.5 | 1.2 | 0.9 | 0.7 |
|     | 分布理论值    | 24.5  | 15.8 | 15.1 | 8.9  | 9.7  | 8.7  | 7.7 | 6.9 | 6.1 | 5.4 | 4.7 | 4.1 | 3.4 | 2.8 | 2.1 | 1.4 | 0.6 |

直径分布拟合曲线见图 2、3(以样地号 2、3 为例)。云南松人工林的直径分布曲线比天然林的直径分布曲线更为尖峭,这与云南松人工林属中幼龄林有关。云南松属喜光树种,林木之间的竞争十分强烈,由于造林时密度过大导致采光不足,生长缓慢,大量的小径阶林木的存在使得直径分布曲线十分尖峭。天然林是自然发生的,其株数分布结构有其自身的特点,以 3 号样地为例,林木从最小径阶 6 到最大径阶 36 均有分布,形状上属单峰山形,明显左偏,较正态分布尖峭,说明该林分以小径阶树木占绝对优势,而大径阶树木偏少,林分结构离正态分布结构相距甚远,所以对该地区云南松林分进行结构调控是必不可少的。

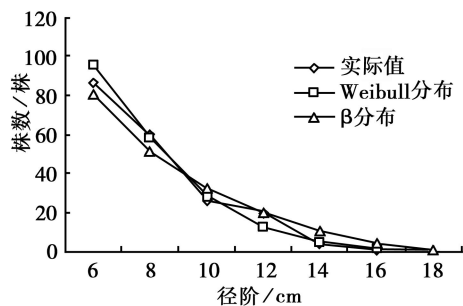


图 2 2号样地直径分布的实际值和估计值

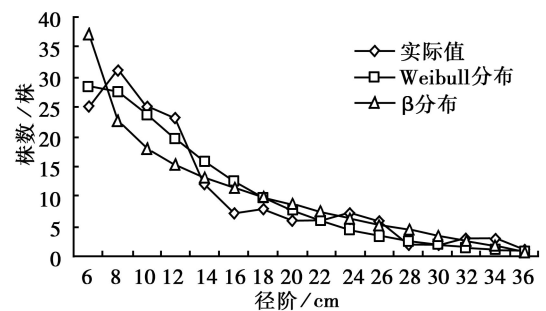


图 3 3号样地直径分布的实际值和估计值

3.2.3 卡方 ( $X^2$ ) 检验 经卡方检验,4 块典型样地数据均服从威布尔分布和  $\beta$  分布,直径分布函数拟合检验结果见表 4。从拟合结果来看,威布尔分布的拟合效果优于  $\beta$  分布,在将来的研究中,Weibull 分布可以被选择为该区域云南松林分直径结构株数分布预测函数。

表 4 直径分布函数拟合结果检验

| 样地号 | 威布尔分布函数 |              | 分布函数   |              |
|-----|---------|--------------|--------|--------------|
|     | $X^2$   | $X^2_{0.05}$ | $X^2$  | $X^2_{0.05}$ |
| 1   | 8.732   | 11.070       | 11.277 | 11.592       |
| 2   | 6.764   | 7.815        | 9.379  | 9.488        |
| 3   | 14.358  | 21.026       | 20.618 | 22.362       |
| 4   | 11.738  | 21.026       | 17.279 | 22.362       |

## 4 结论与讨论

(1) 云南松是我国西南主要用材树种之一, 在云南、四川等地林区中占有极重要的地位。由于云南松是瘠地荒山造林先锋树种, 生长的立地条件差, 又多为飞播或自然飞籽成林, 种质低劣, 纯林占了 80% 以上, 加之近几十年来不尽合理的开发利用, 导致云南松林分组成简单, 结构不合理, 生产力低, 病虫害严重等现象。因此, 急需通过合理的云南松林分直径结构调整使其逐步过渡到合理的经营密度, 才能充分发挥云南松林分的各种效能。

(2) 研究结果表明, 滇中高原云南松林的直径结构分布呈左偏, 形状上属单峰山形, 较正态分布尖峭。小径阶的林木株数最多, 随着直径的增大, 林木株数开始递减, 达到一定径阶后, 递减速度减缓, 并逐渐趋于平稳。通过  $X^2$  拟合检验, Weibull 分布函数和  $\gamma$  分布函数均能较好地描述云南松天然林和人工林的直径分布, 这两个分布函数表现出了很大的灵活性和良好的适应性。Weibull 分布函数的拟合效果优于  $\gamma$  分布函数, 可以用它来预估滇中高原云南松林分产量、出材量以及评价经营效果。

(3) 滇中高原云南松林样地数据和拟合结果反映了该地区林分结构极其不合理, 急需根据拟合分布模型参数进行适当的改造, 调整林分内部直径株数分布, 提高其生产力和产量。近自然林经营是近年来德国等欧洲国家在“接近自然的林业”思想指导下发展的新的森林经营方式, 其主要思想就是在结构和功能上仿照自然林, 分析和重建林分空间结构, 以达到自然林的稳定结构<sup>[20-23]</sup>。滇中高原云南松林分可以通过近自然林经营的重要措施进行林分改造, 通过团状采伐、择伐创造林窗、人工补植等一些措施促进其形成结构合理、生产力较高的林分; 对于密度过大, 自然更新强的云南松林, 可采用疏伐的方式促进幼树的生长, 使其逐步过渡到合理的经营密度; 同时, 为了更全面、深入地认识云南松林分结构特点, 应进一步增加典型样地的数量, 并对其进行长期观测。

## 参考文献:

- [1] 薛纪如, 姜汉桥. 云南森林 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 1986
- [2] 尹擎等, 罗方书, 皮文林, 等. 云南松地理种源研究 [J]. 广西植物, 1995, 15(1): 52 - 56
- [3] 贺庆棠, 袁嘉祖, 陈志泊. 气候变化对马尾松和云南松分布的可能影响 [J]. 北京林业大学学报, 1996, 18(1): 22 - 28
- [4] 李贤伟. 云南松研究现状及动态 [J]. 四川农业大学学报, 1995, 13(3): 309 - 314
- [5] 田松岩, 宋国华, 宋存彦, 等. 东北林区天然林林分结构及林分生产力的研究 [J]. 林业科技, 2005, 30(4): 21 - 22
- [6] 张建国, 段爱国, 童书振. 林分直径结构模拟与预测研究概述 [J]. 林业科学研究, 2004, 17(6): 787 - 795
- [7] 姚爱静, 朱清科, 张宇清, 等. 林分结构研究现状与展望 [J]. 林业调查规划, 2005, 30(2): 70 - 76
- [8] 洪伟, 吴承祯. 马尾松人工林经营模式及其应用 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1999
- [9] 刘金福, 洪伟, 林升学, 等. 格氏栲天然林主要种群直径分布结构特征 [J]. 福建林学院学报, 2001, 21(4): 325 - 328
- [10] 段爱国, 张建国, 童书振, 等. 6 种生长方程在杉木人工林林分直径结构上的应用 [J]. 林业科学研究, 2003, 16(4): 423 - 429
- [11] 许彦红, 杨宇明, 杜凡, 等. 西双版纳热带雨林林分直径结构研究 [J]. 西南林学院学报, 2004, 24(2): 16 - 18
- [12] 陆元昌, 雷相东, 国红, 等. 西双版纳热带雨林直径分布模型 [J]. 福建林学院学报, 2005, 25(1): 62 - 66
- [13] 惠淑荣, 吕永震. Weibull 分布函数在林分直径结构预测模型中的应用研究 [J]. 北华大学学报: 自然科学版, 2003, 4(2): 101 - 104
- [14] 周春国, 余光辉, 吴富桢, 等. 用变形 Weibull 分布对热带雨林结构规律的研究 [J]. 南京林业大学学报, 1998, 22(4): 12 - 16
- [15] 张文, 高天雷. 马尾松林分直径结构研究 [J]. 四川林勘设计, 2001(2): 26 - 30
- [16] 邓坤枚, 邵彬, 李飞. 长白山北坡云冷杉林胸径、树高结构及其生长规律的分析 [J]. 资源科学, 1999, 21(1): 77 - 84
- [17] 闫东锋, 侯金芳, 张忠义. 宝天曼自然保护区天然次生林林分直径分布规律研究 [J]. 河南科学, 2006, 24(3): 364 - 367
- [18] 丁思统. 威布尔 (Weibull) 分布及其拟合 [J]. 江西农业大学学报, 1985, 7(3): 45 - 52
- [19] 方开泰, 许建伦. 统计分布 [M]. 北京: 科学出版社, 1987
- [20] 曾德慧, 姜凤岐. 樟子松沙地人工林直径分布模拟 [J]. 应用生态学报, 1997, 8(3): 231 - 234
- [21] Lust N, Muys N, Nachtergale N. Increase of biodiversity in homogeneous Scots pine stands by an ecologically diversified management [J]. Biodiversity and Conservation, 1998, 7: 249 - 260
- [22] 张颖新, 雷瑞德. “近自然林”——一种有发展前景的“人工天然林” [J]. 西北林学院学报, 1996, 11(增): 157 - 162
- [23] 王树力. 红松人工用材林近自然经营技术的研究 [J]. 东北林业大学学报, 2000, 28(3): 22 - 25