

doi: 10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2011. 02. 002

## 六株木测树法估测人工杉木林蓄积量的研究

郝广平 林辉 孙华

(中南林业科技大学林业遥感信息工程研究中心 湖南 长沙 410004)

**摘要:**以湖南省攸县黄丰桥林场杉木树种为研究对象,采用随机抽样方法布设样地110块,其中杉木有效观测样地97块。以距样地中心位置最近的6株木为对象,观测每株杉木的胸径、树高及最远杉木到样地中心的距离,以计算这6株杉木样圆的覆盖面积来估测样地蓄积量,并将估测结果与角规测树法进行对比分析。结果表明,在95%的可靠性下,平均胸径估测精度为90%,平均树高估测精度为88%,蓄积量估测精度达89%,估测结果与角规测树法所得结果十分接近,表明利用六株木法估测杉木蓄积量具有较好的效果。

**关键词:**六株木法;角规测树法;蓄积量估测;杉木

中图分类号:S791.27;S758.51 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2011)02-0004-04

### Stock Volume Estimation of *Cunninghamia* Plantation Based on Six Trees Method

QIE Guang-ping, LIN Hui, SUN Hua

(Forestry Research Center of Remote Sensing Information Engineering, Central South Forestry University, Changsha 410004, China)

**Abstract:** This research focus on *Cunninghamia*, and takes Huangfengqiao Farm in Youxian county, Hunan province as the research area. During surveying, 110 sample plots were set randomly, 97 of them are effective. The survey of every specific plot includes selecting 6 trees nearest to the central position, take DBH, height, and the distance from the farthest 1 tree of the 6 to central position. Then calculating the covering area of these 6 trees based on the original data, to estimate the forest storage of these plots. The results indicate that the estimated precision of average DBH and height are 90% and 88%, stock volume estimation accuracy is of 89%. The estimated results and angle gauge method is very close, indicating that the use of six trees method is a effective way to estimate the stock volume of forest.

**Key words:** six trees method; angle-count method; stock volume estimation; *Cunninghamia*

森林蓄积量估测研究是一个比较活跃的领域,是森林资源的重要指标,它的消长变化是指导林业生产的重要标志<sup>[1]</sup>,也是林业经营的重要决策依据。采用科学的方法进行蓄积量预测将为森林经营与规划提供可靠的依据<sup>[2]</sup>。目前,蓄积量的估测研究一般都与遥感技术相结合。国外研究的热点是将多光谱遥感和雷达遥感技术相结合来估测森林结构参数,并得到了较高的估测精度<sup>[3-5]</sup>。国内侧重于通过多光谱遥感数据建模估测森林蓄积量<sup>[6-9]</sup>。国内外传统的森林蓄积量估测方法中比较常用的有目测法<sup>[10]</sup>、点抽样法<sup>[11]</sup>、林分材积表法<sup>[12]</sup>、角规测树法、平均木塔立夫法<sup>[13]</sup>和单株木抽样法<sup>[14]</sup>。角规测

树法<sup>[15]</sup>相对于其它几种方法来说具有操作简单,精度较高的优点,它是奥地利林学家 Bitterlich W 于 1947 年首先创立的。角规测树法打破了 100 多年来在一定面积(标准地或样地)上进行每木检尺的传统方法,大大提高了测树效率<sup>[16]</sup>。但在复杂森林结构和完全森林结构的林地中,其应用会受灌木或杂草的遮挡而受到影响,在无法确定某株林木是否进入角规检尺时,需拉皮尺测量距离并计算,费时费力。1973 年,我国林业工作者袁国仁、李晓峰对吉林小姑家林场的 5 个林班中的天然中幼龄林和人工落叶松林进行了六株木调查实验,得到了 80% 的抽样精度<sup>[17]</sup>。同年,陈霖生用六株木法做了测定落叶松

收稿日期:2011-02-28.

作者简介:郝广平(1981-),男,河北保定人,在读硕士,专业方向为森林经理学。

人工林蓄积量的实验,估计精度也在 80% 以上<sup>[18]</sup>。近年来,关于六株木测树法的研究较少,在实际中的应用更为少见。六株木测树法具有工作效率高,测量数据准确可靠,受空间因子影响较小等优点,因此有必要对其深入研究。杉木在我国南方各林区分布广泛,每年生长量和采伐量很大<sup>[19]</sup>。能否在保证一定精度和可靠性的前提下,用较简单的方法测算出其蓄积量就显得尤为重要。

### 1 研究区概况

实验区位于湖南省株洲市攸县黄丰桥国有林场。黄丰桥国有林场呈带状跨株洲市攸县东西部,位于 113°04'~113°43' E, 27°06'~27°04' N,东西长 63 km,南北宽 42 km。东北部与江西省莲花、萍乡交界,东南与茶陵县接壤,西北部与株洲、醴陵毗邻。全场林地分布于 13 个乡镇 72 个村,国有林地与集体、联营造林等其它形式的林地交错相接,其中与集体 13 个乡镇相邻面积为 8 122.6 hm<sup>2</sup>,联营造林 2 000 hm<sup>2</sup>。全场地貌以中低山为主,东部由海拔 800 m 以上的中山构成重叠山群,山峦起伏,地形复杂,地势由东向西,由中山向低山到丘陵递降,西部孤峰突起,地势由西向东,由中山到丘陵陡降。境内最高海拔 1 270 m,最低海拔 115 m,坡度一般在 20°~35°。

### 2 原理与方法

#### 2.1 六株木法

六株木法的样圆调查采取随机抽样的方法,每个样圆不预先设定边界,样圆内的林木以距测量点的远近分别编号,由近到远分别编号,分别测量六株木的树高、胸径及第六株树木中心到测量点的距离。以第六株树木的中心点作为样圆的半径,推算样圆面积,以分别计算样圆内的六株木材积的方法求得样圆蓄积量。经换算后便可得每公顷蓄积量。六株木测树示意图如图 1 所示。

#### 2.2 技术路线

以 Quickbird 遥感图像为底图,在黄丰桥林场广黄分场随机布设样地 110 块,主要为杉木林。每块样地在采集六株木数据的同时,在同一地点进行角规控制检尺。最后,分别以六株木法和角规控制检尺法<sup>[13]</sup>计算出所得杉木的蓄积量。技术路线如图 2 所示。

#### 2.3 外业调查

外业于 2010 年 10 月进行。观测时一人站在样点中心指定最近六株木,并进行角规检尺;一人对指

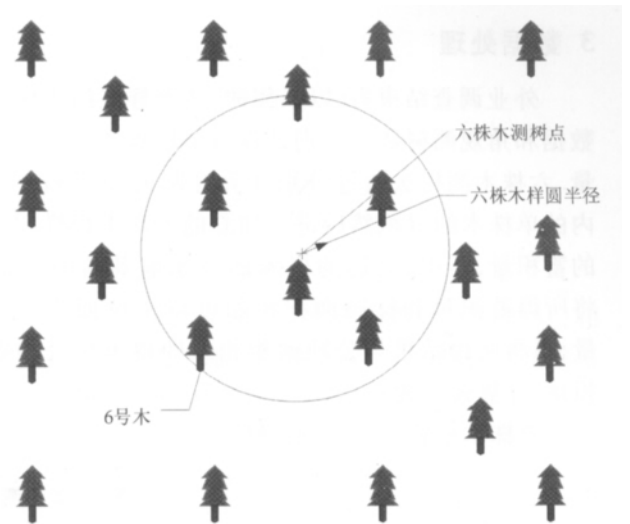


图 1 六株木法测树示意图

Fig. 1 Tree measurement diagram of six tree method

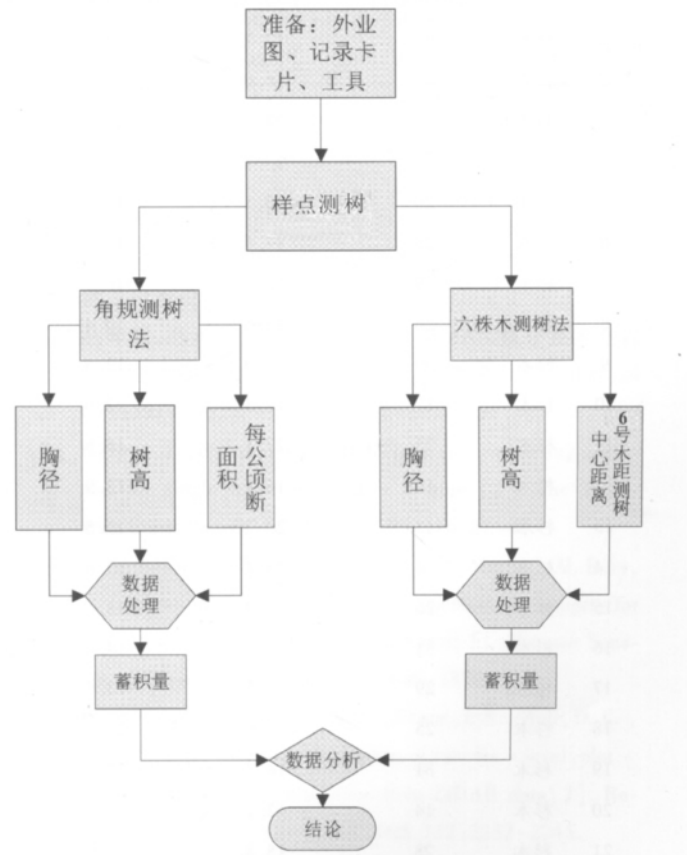


图 2 研究技术路线

Fig. 2 Route of research techniques

定的六株木和进入角规检尺的所有树木进行编号,并用粉笔在树木上进行编号,另外一人对六株木和进入角规检尺的所有树木进行测量,测量数据包括:最近六株木的胸径、树高、6号木中心距绕测点的距离及进入角规检尺的所有树木的胸径、树高。此次外业共观测了 110 块样地,其中杉木林有效观测样地 97 块。

### 3 数据处理

外业调查结束后,以采集的 97 个样点的六株木数据和角规测树数据分别计算每个样点的公顷蓄积量.六株木测树法通过分别计算样圆的面积和样圆内的单株木的材积然后进行加总的方法求得样圆内的蓄积量,其中最远的树木的材积取其值的 1/2.将所得蓄积量和样圆面积相除可得单位面积蓄积量,再将所得结果与公顷面积相乘即得单位公顷蓄积量.计算公式为:

$$\text{单株木材积}^{[20]}: V = g_{1.3} h f_{1.3}$$

式中:  $V$ —单木材积,  $g_{1.3}$ —胸高断面面积,  $h$ —树高,  $f_{1.3}$ —胸高形数.

$$\text{样圆材积}: V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + 1/2 V_6$$

$$\text{样圆面积}: S = \pi R^2$$

$$\text{每公顷蓄积量}: M = (V/S) \times 10^4$$

角规测树法公顷蓄积量计算公式为:

$$M = G(\bar{H} + 3) f_{1.3}$$

式中:  $M$ —每公顷蓄积量,  $G$ —公顷断面面积数,  $\bar{H}$ —加权平均树高,  $f_{1.3}$ —胸高形数.

数据处理结果见表 1.

表 1 2 种测树法公顷蓄积量计算

Tab. 1 Hectare volume calculation using tow measuring tree methods

样地号	林种	角规测树法			六株木法		角规测树法 公顷蓄积量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ )	六株木法 公顷蓄积量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ )
		公顷断面面积	平均胸径	加权树平均高	样圆面积	样圆内蓄积		
1	杉木	32	17.7	12.4	19.6	0.4	211.9	214.6
2	杉木	41	16.0	13.7	23.0	0.4	294.4	160.0
3	杉木	37	23.1	12.1	55.3	1.4	240.4	251.4
4	杉木	27	23.1	12.8	45.3	1.0	183.4	197.2
5	杉木	26	20.5	13.7	32.2	0.9	187.0	189.0
6	杉木	28	17.4	11.7	45.3	0.6	177.0	160.3
7	杉木	19	14.5	10.3	36.3	0.4	108.7	93.3
8	杉木	26	15.6	10.4	38.5	0.4	199.8	142.6
9	杉木	30	17.9	13.4	24.6	0.6	211.6	205.8
10	杉木	17	17.3	12.6	28.3	0.7	114.0	128.3
11	杉木	25	27.1	16.5	52.8	1.8	209.6	229.2
12	杉木	12	16.1	13.9	149.5	0.4	87.2	108.9
13	杉木	43	20.7	13.5	38.5	1.0	305.1	310.6
14	杉木	34	23.4	15.6	55.4	1.6	271.9	294.9
15	杉木	26	19.4	13.6	55.4	0.9	185.6	166.1
16	杉木	31	20.0	14.4	36.3	0.8	231.9	206.8
17	杉木	29	18.5	13.8	34.2	0.7	209.5	195.8
18	杉木	25	31.9	21.8	91.6	4.0	266.6	287.3
19	杉木	31	14.7	10.1	24.6	0.4	174.6	143.0
20	杉木	14	12.1	8.0	24.6	0.1	66.2	52.2
21	杉木	28	15.8	12.0	21.2	0.4	180.6	196.5
22	杉木	18	15.1	9.7	40.7	0.3	98.3	84.0
23	杉木	17	19.8	13.6	55.4	0.8	121.3	136.2
24	杉木	21	26.1	14.8	75.4	1.0	160.7	151.9
25	杉木	28	20.3	12.3	34.2	0.6	184.2	184.1
26	杉木	18	9.9	6.8	11.3	0.1	75.9	73.1
27	杉木	30	16.3	11.7	28.3	0.6	189.6	203.1
28	杉木	23	14.5	10.5	32.2	0.4	133.5	134.4
..	..	..	..	..	..	..	..	..

从表 1 随机列出的样点数据可以看出,除个别样点外,同一样地分别采用 2 种不同的测树方法计算所得的蓄积量相差不是很大,一般不超过 10%。个别样点误差较大的主要原因是由于人为操作不当引起的,或者是由于随机点样木分布不均导致误差较大,这 2 种误差都可以通过多次测量剔除异常值的方法校正测量结果,不影响六株木法用于生产实际中。

以表 1 中计算所得到的平均胸径、平均树高和蓄积量进行估测精度分析。以蓄积量估测精度为例。

$$\text{样地总蓄积量: } M_j = \sum_{i=1}^{97} m_n$$

式中:  $m_n$  为各样地的公顷蓄积量;

$$\text{样地平均蓄积量: } \bar{m}_j = \sum_{i=1}^{97} m_n / 97$$

$$\text{标准差: } S = \sqrt{\sum_{i=1}^{97} (m_i - \bar{m})^2 / 96}$$

$$\text{标准误差: } S_m = S / 97$$

在 95% 的可靠性下,绝对误差  $\Delta = 1.96S_m$ ,相对误差  $E = \Delta / \bar{m}$ ,估计精度  $P = 1 - E$ ,胸径估测精度与蓄积量估测精度计算公式同上。计算结果见表 2。

表 2 2 种抽样测树方法精度对照

Tab. 2 Precision comparison of two sampling tree measurement method

抽样方法	抽样个数	总蓄积量/ m <sup>3</sup>	平均胸径/ cm	平均树高/ m	可靠性/ %	胸径估 测精度/ %	树高估测 精度/ %	蓄积量估 测精度/ %
角规测树法	97	16869.9	17.4	12.4	95	92.2	90.5	91.8
六株木法	97	17044.1	16.5	11.9	95	90.1	88.3	89.4

从表 2 可以看出: 2 种不同的测树方法所得到的总蓄积量、平均胸径、平均树高值都十分接近,偏差都不超过 10%。在 95% 的可靠性下,胸径估测精度都达到 90% 以上,树高估测精度都达到 88% 以上,蓄积量估计精度都达 89% 以上。上述计算精度都是在剔除异常值后所得到的结果,由此可以看出,六株木样圆法和角规测树法对同一范围内的杉木进行蓄积量测量所得结果相差不大,说明六株木样圆法用于估测杉木蓄积量具有较好的效果。

#### 4 结果与讨论

1) 研究结果表明,在 95% 的可靠性下,采用角规测树法和六株木样圆法分别调查同一区域的杉木蓄积量所得出的结果十分接近,2 种方法所得结果差异并不显著,因此,六株木测树法可估测某一特定范围内的杉木林的蓄积量。六株木样圆法相对于角规测树法具有原理简单、易于操作、节省时间、受森林结构复杂性程度影响较小和受空间与林分大小的限制较小等优点,在杉木林的调查过程中可采用此法。

2) 实验中存在个别点误差较大的情况,主要是由于人为操作不当或随机测树点不具有代表性产生的,在数据处理过程中进行了剔除,保证了研究结果的准确性。

3) 六株木测树法可在杉木人工林中成功应用,能否在其它人工林或天然林中应用还有待于进一步

研究。

参考文献:

- [1] 孙海鹏,包占青,姜志强. 林木蓄积量预测[J]. 内蒙古林业调查设计,1999(3):106-109.
- [2] 丛沛桐,祖元刚,王瑞兰,等. GIS 与 ANN 整合技术在森林资源蓄积量预测中的应用[J]. 地理科学,2004,24(5):591-596.
- [3] Hyyppä J. & Inkinen M. Detecting and estimating attributes for single trees using laser scanner[J]. The Photogrammetric Journal of Finland,1999,16:27-42.
- [4] Anderson, J. E., Plourde, L. C., Martin, M. E. et al. Integrating waveform lidar with hyperspectral imagery for inventory of a northern temperate forest[J]. Remote Sensing of Environment 2008,112:1856-1870.
- [5] Hudak, A. T., Crookston, N. L., Evans, J. S., Hall, D. E., et al. Nearest neighbor imputation of species-level plot-scale forest structure attributes from LiDAR data[J]. Remote Sensing of Environment 2008,112:2232-2245.
- [6] 李崇贵,赵宪文,李春干. 森林蓄积量遥感估测理论与实现[M]. 北京:中国科学出版社,2006.
- [7] 赵宪文,李崇贵. 基于“3S”的森林资源定量估测—原理、方法、应用及软件实现[M]. 北京:中国科学技术出版社,2001.
- [8] 李崇贵. 用非线性理论研究以“3S”为基础的森林蓄积定量估测[D]. 中国林业科学研究院,2001.
- [9] 李崇贵,赵宪文,蔡体久. 遥感区域大小对森林蓄积估测影响规律的研究[J]. 北京林业大学学报,2001(4):29-34.

(下转第 11 页)

表 1 DXF 文件与 SHP 文件数据转换的图层对应

Tab. 1 The corresponding layers transformed from DXF files and SHP file data

所表示的对象	AutoCAD	ArcGIS
地名、设施、设备等	点	点
建筑物、行政区域、河流等	多段线	面
道路、楼栋附属物、轨道交通线等	线、多段线	多段线
光缆、电缆	线、多段线	多段线
各类名称、数值等	文本	注记
属性	注记	标注

但转换到 ArcGIS 中,它就变成数条支渠.一个灌溉区域,如果没有对构成边界的多线段进行闭合,则转化后的图形只能为线状图形,无法形成面.

2) 图形元素的分层. ArcGIS 的 SHP 文件只能代表一类图形元素,这与 AutoCAD 中的图层有明显的区别.虽然图层是两者管理图形数据最为接近的方式,能自动按实体类型进行图层元素的分配.但是转换后的图中将包含所有图层中的同一类型数据,如果类型相同而性质属性不同的数据归于一个图层或同一性质和类型的数据归于不同的图层,都将给转换后的图形管理造成混乱.应将 AutoCAD 的图形元素按性质进行分层,使每一图层与 ArcGIS 的某一类型相对应.

3) 注记的属性化.当把 AutoCAD 数据添加到 ArcGIS 视图中时, ArcGIS 会自动识别源图形元素的类型,并根据实体类型进行分配.如果注记为块的属性,就会在对应的主题属性表中自动建立包含相应注记字符的属性字段,可以方便地转换为 SHP 数据文件;如果注记为文字实体,则只能通过建立联接主题,注记字符串可缺省保存在“TEXT”属性字段中,

显示为不可编辑的图形字符,但在转换为 SHP 数据文件时,原文字实体转化为线对象,表现为注记丢失,因此只能在原图形对象对应的主题属性表中重新建立属性字段或进行属性表联接.所以,对于需要显示为点主题的图形对象,例如控制点位置,其注记信息最好定义为同名属性,并把同一类型的图形元素修改为含属性的块对象.

#### 参考文献:

- [1] 党安荣,贾海峰. ArcGIS 8 Desktop 地理信息系统应用指南[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [2] 黄杏元,马劲松. 地理信息系统概论[M]. 北京:高等教育出版社,2007.
- [3] 刘子建,叶南海. 现代 CAD 基础与应用技术[M]. 长沙:湖南大学出版社,2004.
- [4] 张云杰. AutoCAD 2011 中文版从入门到精通[M]. 北京:电子工业出版社,2011.
- [5] 汤国安,杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [6] 欧阳霞辉. ArcGIS 地理信息系统大全[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [7] 任沂军. AutoCAD 中 DXF 文件的坐标转换分析与实现[J]. 测绘通报,2006(7):23-6.
- [8] 申胜利,李华. 基于 ArcEngine 的 ArcGIS 与 AutoCAD 数据转换研究[J]. 测绘通报,2007(2):41-42.
- [9] 张叶,孙毅中. CAD 城市基础数据到 GIS 转换的有关问题探讨[J]. 测绘与空间地理信息系统,2007(1):94-95.
- [10] 胡胜华,何宗宜. AutoCAD 与 GIS 数据转换的研究[J]. 测绘通报,2007(12):46-47.
- [11] 陈能,施蓓琦. AutoCAD 地形图数据转换为 GIS 空间数据的技术研究与应用[J]. 测绘通报,2005(8):11-12.

(上接第 7 页)

- [10] 张少昂. 林分经营模型的分类及应用[M]. 北京:中国林业出版社,1989.
- [11] Avery. T. E. al. Forest Measurements[M]. McGraw - Hill Publishing Company New York,1976.
- [12] 李西菲. 大岗山实验区杉木人工林可变密度收获表的编制[J]. 林业科学研究,1988,1(4):382-389.
- [13] Newham R. M. The development of a stand model for Douglas - fir [M]. Ph. D. dissertation, Univ, of Birthish Columbia,1964.
- [14] 张守攻. 单木生长模型的分类及应用[M]. 北京:中国林业出版社,1989.
- [15] Bitterlich, W. Die Winkelzahlprobe. Allgeni [J]. Forest und Holz Zeit. ,1948,59:4-5.
- [16] Duff, G. Combined Taper and Volume Tables for *Pinus radiata*, Rotorua [J]. Forest Research Notes,1954,1:12.
- [17] 袁国仁,李晓峰. 六株木抽样调查法实验一例[J]. 林业勘察设计,1981(1):33.
- [18] 陈霖生. “六株木样地法”测定落叶松人工林蓄积量的实验[J]. 东林科技,1975(2):48-55.
- [19] 倪金凤. 杉木实生林断面积与蓄积量相关方程的建立及应用[J]. 科技科普,1998(5):22.
- [20] 孟宪宇. 测树学[M]. 北京:中国林业出版社,1996.