

测定立木材积的改进形点法

冯仲科¹ 徐祯祥² 王小昆¹ 孔维鹤³

(1 北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室 2 河南省林业科学研究院 3 河南省林业技术推广站)

摘要:为了测定立木的材积,该文应用孔兹干曲线方程建立了表达整株树干形状连续干曲线方程组和树干材积的精准区分求积式。据此,推导出立木的改进形点法求积式。为了克服对形点的观测困难,该文又提出了形点高的推定式,便于发挥外业调查的工作效率。以精准区分求积式所求材积为真值,中央断面区分求积法、改进前的立木形点法和改进形点法分别与其进行比较。理论与实验证明,改进形点法测定立木材积的过程简便易行,具有更高的准确度、通用性和实用性。

关键词:连续干曲线方程组,精准区分求积式,形点高,改进形点法

中图分类号:S758.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-1522(2005)05-0087-05

FENG Zhong-ke¹; XU Zhen-xiang²; WANG Xiao-kun¹; KONG Wei-he³. **Precision form method to determine standing wood volume.** *Journal of Beijing Forestry University* (2005)27(5)87-91[Ch, 8 ref.]

¹ The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China;

² Henan Academy of Forestry, Zhengzhou, 450008, P. R. China;

³ Henan Forestry Technology Promotion Station, Zhengzhou, 450000, P. R. China.

In order to survey standing wood volume, based on Kunze Trunk Curve Equation, the authors built another continuous trunk curve equation set to describe whole trunk form. At the same time, precision volume calculation equation by section was put forward. An improved tree accurate volume measurement equation of form point method had been thus deduced. They also worked out an upward deduction equation in form point height h_2 to conquer difficulties in surveying form points, and increase the efficiency of forestry investigation. Theory and experiment have proved that under the precondition of setting the trunk volume surveyed by precision volume calculation equation by section as true number, compared with mid-area sectional measurement method of the volume and the old form point method, improved form point method is simple and operative, more accurate and practicable.

Key words continuous trunk curve equation set, precision volume calculation equation by section, form point height, improved form point method

在立木材积的实质性三要素中,测定树干形状指数 r 远比胸径和树高困难得多。至今未见前人有关直接测定整株树干形状的报导。求积时,多借助于胸高形数、正形数、实验形数^[1]和胸高形率、绝对形率^[2]、正形率等干形指标。然而测定这些指标也并非易事。况且,立木干形完全受控于树种、年龄、立地条件、经营措施等因子,因此,指标中必然引入多个经

验参数。实践中,为了避开经验参数的影响,假定树干为抛物线形体,国际上多采用中央断面区分求积法和累高法^[3]。我国习惯用前者,有时也用平均实验形数法,以期获得近似材积。

一个理想的立木求积式,应当是基于严格的理论证明,不含经验参数,能够满足通用性强、准确度高条件,并且最好具有简便易行的实用性。

收稿日期:2004-07-07

http://journal.bjfu.edu.cn

基金项目:“863”国家计划项目(2003AA245030)、国家自然科学基金项目(90302014)、北京市自然科学基金重点项目(4041002)。

第一作者:冯仲科,博士,教授,博士生导师。主要研究方向:精准林业,林业 3S 技术应用。电话:010-62337963 Email:fengzhongke@126.com 地址:100083 北京林业大学 111 信箱。

责任作者:徐祯祥,研究员。主要研究方向:形点法角规测树。电话:0371-5717547 地址:450008 郑州市河南省林业科学研究院。

立木形点法^[4]首次提出了采用简便的角规方法^[5]直接测定立木胸高以上干形指数 r 的理论. 它不含任何经验参数, 具有极强的通用性, 并且在实践中取得了较好的效果. 已推广应用到测定林分蓄积量^[6]和林分材种出材量^[7]等方面. 为了进一步提高立木形点法的准确度和实用性, 我们应用孔兹干曲线方程, 建立了表达整株树干形状连续干曲线方程组和精准区分求积式, 据此建立了改进形点法求积式和形点高 h_2 推定式. 最后用一组实例来验证它的效果.

理论和实验证明, 以精准区分求积式所求材积为真值, 改进形点法比中央断面区分求积法具有更高的通用性、准确度和实用性.

1 原理与方法

1.1 精准区分求积式

1.1.1 整株树干的形状

根据前人的研究, 整株树干的形状自干基向干顶, 总是按照近似的截顶凹面体、圆柱体、截顶抛物线体和圆锥体的次序逐渐过渡的, 而且没有明显的界限.

众所周知, 孔兹干曲线方程只能分别近似地表达树干某一段的形状, 而不能充分完整地表达整株树干的形状. 然而, 当我们应用它对整株树干自上而下地连续分段地表达时, 即用一个连续干曲线方程组如式(1)所示, 可充分完整地表达整株树干的形状.

$$y_i^2 = p_i x_i^r \quad (1)$$

式中, $i=1, 2, 3, \dots, n$; x_i, y_i 分别为干曲线上某点距顶点的长度和半径, 并且 $x_i > x_{i-1}, y_i \geq y_{i-1}$ 或 $y_i <$

$$y_{i-1}; r_i = \log \left[\frac{y_{i-1}}{y_i} \right]^2 / \log \left[\frac{x_{i-1}}{x_i} \right].$$

在正常情况下, 立木干径总是自上而下逐渐加粗的, 即 $y_i > y_{i-1}$, 表现为圆锥体、抛物线体和凹面体. 但也有些区分段 $y_i = y_{i-1}$, 表现为圆柱体. 在非正常情况下, 则有 $y_i < y_{i-1}$, 表现出干径受侧枝或外力的作用突然加粗. 由于式(1)把树干形状变化的多样性导入逐渐过渡的连续性之中, 故能够充分完整地表达整株树干的形状.

1.1.2 精准区分求积式

当我们把式(1)中的 x_i 和 y_i 分别代之以干长 h_i 和半径 $0.5 d_i$ 时, 则整株树干的材积 V 应为连续的各段材积 V_i 之和, 即有

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{1}{r_i + 1} (h_i g_i - h_{i-1} g_{i-1}) \quad (2)$$

式中, $i=1, 2, \dots, n$; $h_i > h_{i-1}; g_i \geq g_{i-1}$ 或 $g_i < g_{i-1}$;

$$r_i = \log \left[\frac{d_{i-1}}{d_i} \right]^2 / \log \left[\frac{h_{i-1}}{h_i} \right]; h_i, g_i \text{ 分别为树干某断面距干顶的干长和断面积.}$$

由式(2)可知, 由于它能连续地表达树干各段的形状, 所以各段材积之和必定是整株树干最准确的材积. 据此, 与中央断面区分求积式相比, 可把式(2)称为整株树干材积的精准区分求积式.

1.2 改进形点法求积式

1.2.1 整株树干的平均形状指数

立木形点法发现, 树干上有一个能够表达胸高以上树干形状的特定部位, 即形点. 形点处的断面积 g_2 等于胸高断面积 g 的 0.5 倍, 可用林分速测镜简便的测定. 根据形点法, 令形点断面到胸高断面的干长为形点高 h_2 , 胸高以上干长为 h_0 , 于是形点高区分段树干的形状指数 r 为

$$r = \log 0.5 / \log (1 - h_2 / h_0) \quad (3)$$

形点法的立木材积 V 为

$$V = \left[\frac{h_0}{r+1} + 1.3 \right] g \quad (4)$$

当我们对式(4)进行分析时, 不难看出, 它实质上是把形点高区分段树干的形状当作胸高以上的树干形状. 这是因为, 形点法已经证明, 它与望高法在理论上是相同的, 是同一个理论的两个观测点, 只是高低有差异. 因此, 可把形点高树干的形状向上延伸到望点. 望点多位于胸高以上干长的 $3/4$ 处附近, 因而可把上部 $1/4$ 干长当作梢头. 梢头材积在整株树干材积中所占比例很小. 若把形点高树干的形状再向上延伸到干顶时, 则由于梢头形状与形点高树干的形状不一致所产生的材积误差, 即可忽略不计.

同样, 形点高树干的形状也可从胸高断面向下延伸到截顶凹面体的上端. 随着树高的增大, 下部凹面体干长在树高中所占比例越来越小. 那么, 若把形点高树干的形状再向下延伸到干基时, 则由于凹面体形状与形点高树干形状不一致所产生的材积误差可降低到最小限度.

总之, 从求积的角度出发, 可把形点高区分段树干的形状指数 r 当作整株树干的平均形状指数. 即把整株树干形状看作是服从孔兹干曲线方程的规则几何体, 并可通过林分速测镜用形点法直接测算.

1.2.2 改进形点法求积式

将式(2)展开后整理之, 可得

$$V = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\frac{1}{r_i + 1} - \frac{1}{r_{i+1} + 1} \right] h_i g_i + \frac{1}{r_n + 1} h_n g_n$$

当区分段的数量足够多时, 必然 $r_i = r_{i+1} = r_n$. 如前所述, 从求积的角度出发, 可把立木形点高区分段的干形指数 r 当作立木的平均干形指数. 那么, 令

树高 $h = h_n$, 干基断面面积 $g_0 = g_n$, $r = r_n$, 则有以干基断面面积 g_0 为依据的立木材积 V 为

$$V = \frac{1}{r+1} hg_0$$

若以胸高断面面积 g 为依据, 则有立木材积 V 为

$$V = \frac{1}{r+1} \left[\frac{h}{h_0} \right]^r hg \quad (5)$$

式(5)中没有任何经验参数, 不受树种和地域的局限, 又克服了式(4)中把胸高树干当作圆柱体必然产生的材积负偏差. 式(5)即为改进形点法求积式. 因此, 它应具有更高的通用性和准确度.

1.3 立木形点高 h_2 的推定

实践证明, 形点多位于树冠基部的主干上, 此处干径受第一侧枝的影响突然加粗, 难以确定形点的位置, 直接影响了形点法的实用性. 为了克服这一困难可通过测定近似形点来推定形点高 h_2 .

设冠基以下靠近形点的近似形点断面的直径为近似形点干径 d_a , 近似形点断面到胸高断面的干长为近似形点干长 h_a . 已知形点干径 d_2 和胸径 d 的关系为 $d_2 = \sqrt{0.5}d$, 根据孔兹干曲线方程, 则有

$$\left(\frac{h_0 - h_a}{h_0 - h_2} \right)^r = \left(\frac{d_a}{d_2} \right)^2 = 2 \left(\frac{d_a}{d} \right)^2$$

$$\text{即 } r = \log \left[2 \left(\frac{d_a}{d} \right)^2 \right] / \log \left[\frac{h_0 - h_a}{h_0 - h_2} \right]$$

由式(1)已知 $r = \log 0.5 / \log (1 - h_2/h_0)$, 所以

$$\log \left[\frac{h_0 - h_a}{h_0 - h_2} \right] / \log \left[1 - \frac{h_2}{h_0} \right] = \log \left[2 \left(\frac{d_a}{d} \right)^2 \right] / \log 0.5$$

表1 中央断面区分求积法材积计算过程

TABLE 1 The process of the measurement volume method by mid-area

断面高/m	样木(龄阶)													
	1(28)		2(28)		3(25)		4(20)		5(15)		6(10)		7(5)	
	直径/ cm	材积/ dm ³	直径/ cm	材积/ dm ³	直径/ cm	材积/ dm ³	直径/ cm	材积/ dm ³	直径/ cm	材积/ dm ³	直径/ cm	材积/ dm ³	直径/ cm	材积/ dm ³
0.0	10.6		9.7		9.0		7.8		5.7		3.4		1.9	
1.3	8.6		8.2		7.4		6.0		4.0		2.1		0.5	
0.5	9.2	6.65	8.8	6.08	8.1	5.15	6.9	3.74	5.0	1.96	2.7	0.57	1.1	0.10
1.5	8.2	5.28	7.9	4.90	7.2	4.07	5.9	2.73	3.9	1.19	2.0	0.31		
2.5	7.4	4.30	7.1	3.96	6.4	3.22	5.0	1.96	3.1	0.75	1.3	0.13		
3.5	6.7	3.52	6.3	3.12	5.7	2.55	4.3	1.45	2.3	0.42	0.5			
4.5	5.8	2.64	5.5	2.38	4.7	1.73	3.4	0.91	1.6	0.20				
5.5	4.4	1.52	4.2	1.39	3.5	0.96	2.3	0.42	0.5					
6.5	2.5	0.49	2.3	0.42	1.8	0.25	0.7							
梢头	1.4	0.02	1.0	0.01	0.6	0.00	1.5	0.05	1.1	0.03	0.9	0.02	0.7	0.01
V/m^3	0.024 43		0.022 26		0.017 93		0.011 26		0.004 55		0.001 03		0.000 11	
树高/m	7.4		7.4		7.3		6.8		5.8		4.0		1.5	

注:1 为带皮,2 为去皮.1、2号样本梢头长度为0.4 m,3号样本梢头长度为0.3 m,4、5号样本梢头长度为0.8 m,6号样本梢头长度为1 m,7号样本梢头长度为0.5 m.

2.2 实验结果

2.2.1 精准区分求积法

精准区分求积法实验结果如表2所示. 由表2

$$\text{令 } \log \left[2 \left(\frac{d_a}{d} \right)^2 \right] / \log 0.5 = A, \text{ 则有}$$

$$\left[1 - \frac{h_2}{h_0} \right]^A = \frac{h_0 - h_a}{h_0 - h_2}$$

即 $(h_0 - h_2)^{A+1} = (h_0 - h_a) h_0^A$

开方移项, 则有形点高 h_2 为

$$h_2 = h_0 - [(h_0 - h_a) h_0^A]^{\frac{1}{A+1}} \quad (6)$$

因此通过式(6), 可以从近似形点向上推定立木形点高 h_2 .

1.4 研究方法

为了验证立木改进形点法的应用效果, 我们以精准区分求积法为真值, 分别对立木形点法、改进形点法和中央断面区分求积法进行检验比较.

2 结果与分析

2.1 材料

为了确保实验结果的可靠性, 共选用了49株解析木或计算木的数据, 共7个树种. 通过49株样木的实验, 均能获得相似的结果. 为了保证实验材料的客观性, 又便于核查, 作为例证, 我们仅选择了北京林业大学主编的《测树学》^[8]中一株落叶松解析木数据. 转抄《测树学》中落叶松的直径树高材积生长过程表, 直接获得各龄阶的树干材积 V . 其实, 各龄阶树干都有其独立的树高、胸径和干形, 故可把各龄阶树干当作一株完整的立木树干, 共7株样木, 作为中央断面区分求积法, 其计算结果如表1所示.

可以看出, 断面高0.5 m区分段的树干形状明显地接近凹面体. 0.5 m以上各段的形状则在抛物线体和圆锥体之间摆动. 尚未看到有接近圆柱体的区分段.

表2 精准区分求积法材积计算过程

TABLE 2 The process of the measurement volume method

样木	h/m	测算因子	h'/m										V/m ³
			0	0.5	1.3	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.0	
1	7.4	h_i	7.4	6.9	6.1	5.9	4.9	3.9	2.9	1.9	0.9	0.4	0.024 95
		d_i	10.6	9.2	8.6	8.2	7.4	6.7	5.8	4.4	2.5	1.4	
		r_i	4.050	1.095	2.857	1.105	0.871	0.974	1.307	1.513	1.430	(2.000)	
		V_i	0.003 85	0.004 98	0.001 11	0.004 79	0.003 92	0.003 08	0.002 07	0.000 98	0.000 15	0.000 02	
2	7.4	h_i	7.4	6.9	6.1	5.9	4.9	3.9	2.9	1.9	0.9	0.4	0.022 48
		d_i	9.7	8.8	8.2	7.9	7.1	6.3	5.5	4.2	2.3	1.0	
		r_i	2.784	1.146	2.236	1.150	1.047	0.917	1.275	1.612	2.054	(2.000)	
		V_i	0.003 36	0.004 54	0.001 02	0.004 43	0.003 54	0.002 75	0.001 87	0.000 87	0.000 10	0.000 00	
3	7.3	h_i	7.3	6.8	6.0	5.8	4.8	3.8	2.8	1.8	0.8	0.3	0.018 13
		d_i	9.0	8.1	7.4	7.2	6.4	5.7	4.7	3.5	1.8	0.6	
		r_i	2.970	1.444	1.616	1.245	0.992	1.263	1.334	1.640	2.240	(2.000)	
		V_i	0.002 87	0.003 78	0.000 84	0.003 64	0.002 89	0.002 14	0.001 34	0.000 58	0.000 60	0	
4	6.8	h_i	6.8	6.3	5.5	5.3	4.3	3.3	2.3	1.3	0.3	0.011 38	
		d_i	7.8	6.9	6.0	5.9	5.0	4.3	3.4	2.3	0.7		
		r_i	3.211	2.058	0.907	1.583	1.140	1.301	1.370	1.623	(2.000)		
		V_i	0.002 12	0.002 62	0.000 56	0.002 34	0.001 71	0.001 18	0.000 65	0.000 20	0		
5	5.8	h_i	5.8	5.3	4.5	4.3	3.3	2.3	1.3	0.3	0.004 61		
		d_i	5.7	5.0	4.0	3.9	3.1	2.3	1.6	0.5			
		r_i	2.907	2.727	1.114	1.735	1.654	1.272	1.586	(2.000)			
		V_i	0.001 13	0.001 28	0.000 25	0.000 97	0.000 58	0.000 30	0.000 10	0			
6	4.0	h_i	4.0	3.5	2.7	2.5	1.5	0.5	0.001 10				
		d_i	3.4	2.7	2.1	2.0	1.3	0.5					
		r_i	3.453	1.937	1.268	1.687	1.739	(2.000)					
		V_i	0.000 37	0.000 37	0.000 07	0.000 22	0.000 07	0					
7	1.5	h_i	1.5	1.0	0.2	0.000 14							
		d_i	1.9	1.1	0.5								
		r_i	2.696	0.980	(2.000)								
		V_i	0.000 09	0.000 05	0								

注: d 为直径(cm), r 为形状指数, V 为材积, $h_i = h - h'$, h 为树高, h' 为断面高.

2.2.2 形点法

种,以及对形点高 h_2 的推定效果,其结果如表 3

形点法的实验包括了原形点法和改进形点法两 所示.

表3 形点法材积计算过程

TABLE 3 The process of the measurement volume method by form point

测算因子	样木(龄阶)						
	1(28)	2(28)	3(25)	4(20)	5(15)	6(10)	7(5)
h/m	7.4	7.4	7.3	6.8	5.8	4.0	1.5
h_a/m	2.2	2.2	2.2	2.2	1.2	0.2	0.5
d/cm	8.6	8.2	7.4	6.0	4.0	2.1	1.9
d_a/cm	6.7	6.3	5.7	4.3	3.1	2.0	1.1
h_2/m	2.82	2.71	2.73	2.27	1.55	1.14	0.34
r	1.117	1.18	1.142	1.302	1.641	1.264	2.697
$h_2 - h_a$	0.62	0.51	0.53	0.07	0.35	0.94	-0.14
V_1/m^3	0.024 29	0.021 64	0.017 64	0.010 43	0.003 77	0.000 86	0.000 12
V_2/m^3	0.025 20	0.022 52	0.018 34	0.011 01	0.004 19	0.001 01	0.000 12

注:1 为带皮,2 为去皮, V_1 为形点法式(4)的材积, V_2 为改进形点法式(5)的材积,5 年生树干因树高过低,特把根径当作胸径.

由表 3 可知,当近似形点低于形点 0.5 m 左右时,通过式(6)仍能获得满意的形点高.所以推定法能避开观测困难,通视更好,显著提高测定效率.由表 3

可知,形点法所求材积 V_1 低于改进形点法的 V_2 .

2.2.3 不同求积方法准确度检验

不同求积方法准确度检验的结果如表 4 所示.

表4 各种求积方法准确度的检验

TABLE 4 Comparing the accuracies of different methods

求积方法	样木(龄阶)														ΣV	平均 误差/%
	1(28)		2(28)		3(25)		4(20)		5(15)		6(10)		7(5)			
	材积/m ³	误差/%	材积/m ³	误差/%	材积/m ³	误差/%	材积/m ³	误差/%	材积/m ³	误差/%	材积/m ³	误差/%	材积/m ³	误差/%		
精准法	0.024 95	0	0.022 48	0	0.018 13	0	0.011 38	0	0.004 61	0	0.001 10	0	0.000 14	0	0.082 79	0
中央断面法	0.024 43	-2.1	0.022 26	-0.4	0.017 93	-1.2	0.011 26	-1.1	0.004 55	-1.1	0.001 03	-5.5	0.000 11	-21.4	0.081 57	-1.5
形点法	0.024 29	-2.6	0.021 64	-3.8	0.017 64	-2.8	0.014 3	-8.3	0.003 77	-18	0.000 86	-21.1	0.000 12	-14.85	0.079 75	-3.67
改进形点法	0.025 20	1	0.022 52	0.1	0.018 34	1.1	0.011 01	-3.3	0.004 19	-8.9	0.001 01	-7.3	0.000 12	-14.85	0.082 39	-0.5

注:1为带皮,2为去皮.

由表4可知,以精准区分求积法所求材积为真值,改进形点法所求材积 V_2 的误差有正有负,无系统偏差,能够获得较高的准确度,其误差为-0.5%.中央断面区分求积法材积为系统负偏差,误差为-1.5%.而改进前的形点法材积 V_1 则为明显系统负偏差,其误差为-3.67%.

2.3 结果分析

实验结果表明,不同的求积方法有着明显的差异.这是它们对树干形状表达的准确程度决定的.精准区分求积法能表达整株树干各区分段的形状,必能获得最高的材积准确度,故所求材积被当作真值.改进形点法能表达立木的主干平均形状,必然也能获得较高的准确度.中央断面区分求积法是以中央断面近似求积式为依据的,把树干当作抛物线体,必然产生系统负偏差.改进前的立木形点法把胸高树干当作圆柱体必然产生更大的负偏差.

由式(5)和式(6)可知,采用改进形点法测树,只需通过林分速测镜测定树高 h 、胸径 d 、近似形点直径 d_a 和近似形点高 h_a 4个因子,在电算器的配合下求算立木的材积简便易行.因此,改进形点法不仅具有更高的通用性和准确度,而且与中央断面区分求积法相比,无需测定至少5个区分段(特别是树冠内的)断面高及其直径,明显具有更高的实用性.

3 结 论

1)采用孔兹干曲线方程组能充分完整地表达整株树干的形状.据此导出的精准区分求积式能获得树干材积的近似真值.

2)改进形点法求积式是从精准区分求积式直接导出的,且没有任何经验参数,故具有更高的通用性和准确度.

3)形点高推定式的提出,解决了对形点的观测困难,通视好,能提高测树效率,改进形点法具有更

高的实用性.

4)实验证明,以精准区分求积法所求材积为真值,与中央断面区分求积法相比,采用改进形点法测定立木材积,简便易行,具有更高的准确度、通用性和实用性.

致谢 本文承蒙东北林业大学林学院郎奎建教授审阅,特此致谢.

参 考 文 献

[1] 林昌庚. 关于实验形数(一)[J]. 林业勘察设计, 1974(2): 11-19.
LIN C G. About experimental form factor [J]. *Forestry Investigation Designer*, 1974(2): 11-19.

[2] JONSON T. Taxatoriska under sokningar on ekogstradens form (I) [J]. *Skog Surdaf*, 1910(8): 285-328.

[3] GROSENBAUGH L R. New tree-measurement concent height accumulation, giant, tree, taper and shape [J]. *Sorthean For Exp Sta*, 1954(134): 123-126.

[4] 徐祯祥, 廖晓梅, 侯建智. 测定单株立木材积的形点法[J]. 林业科学, 1990, 26(5): 475-480.
XU Z X, LIAO X M, HOU J Z. The method of measuring single tree [J]. *Scientia Silvae Sinica*, 1990, 26(5): 475-480.

[5] BITTRICH W. Das Spiegelrelackop Osterr[J]. *Holz-wirtschaft Forst*, 1952, 7(1): 3-7.

[6] 徐祯祥, 刘建生, 钱振国. 角规点上测定林分蓄积量的形点法[J]. 林业科学, 1997(专刊): 33-35.
XU Z X, LIU J S, QIAN Z G. Form point method for stand volume measurement on angle gauge point [J]. *Scientia Silvae Sinica*, 1997 (Special issue): 33-35.

[7] 王文彬, 徐祯祥. 角规点上估算林分材种材积的形点法[J]. 林业资源管理, 1998(6): 39-42.
WANG W B, XU Z X. Form point method for stand merchantable volume measurement on angle gauge point [J]. *Forestry Resource Management*, 1998(6): 39-42.

[8] 北京林业大学主编. 测树学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1987.
Beijing Forestry University. *Forest measurement* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1987.

(责任编辑 李文军 冯秀兰)