

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.02.016

林木直径测量方法现状与展望

杨磊¹,徐伟恒^{1*},孔雷²,赵晓峰³,吴瑞旭¹

(1.西南林业大学计算机与信息学院,云南昆明 650224;2.国家林业局昆明勘察设计院,云南昆明 650224;

3.西南林业大学园林学院,云南昆明 650224)

摘要:林木直径是森林计测中的一项重要因子,同样也是评价立地质量和林木生长状况的重要依据。本文简要阐述林木直径测量方法在森林调查和森林计测中的应用以及国内外的研究现状,并充分探讨了树木直径测量方法所代表的测量仪器的原理、结构和测量误差。同时也对各种测量方法各自的优缺点进行了比较。从而为森林调查和森林计测中能更精确、更有效的测量林木直径提供理论参考。

关键词:林木直径;森林计测;测量方法

中图分类号:S758.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5508(2018)02-0065-06

The Present Situation and Prospects of Tree Diameter Measuring Methods

YANG Lei¹ XU Wei-heng^{1*} KONG Lei² ZHAO Xiao-feng³ WU Rui-xu¹

(1. College of Computer and Information, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China;

2. Kunming Institute of Survey and Design, State Forestry Administration, Kunming 650216, Yunnan, China;

3. College of Landscape Architecture, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: The diameter of trees is not only an important factor in forest measurement, but also the important basis evaluation for forest tree growth and site quality. The application situation was elaborated about the diameter measurement method of trees in forest investigation and measurement at domestic and abroad. Discussion was made on the principles, structures and measurement errors of measuring instruments represented by tree diameter measurements. At the same time, the advantages and disadvantages of various measurement methods were compared. Accordingly, this paper could provide theoretical reference for improving the measuring accuracy and efficiency of the tree diameter in forest investigation.

Key words: Diameter of trees, Forest measurement, Measurement method

森林因子计测中,树木直径容易测量,测值稳定,测量误差小,是构建单木和林分蓄积估算模型的经典优良指标,特别是距根部1.3m处直径(即胸径)^[1]。在林业领域中准确获取树木直径这一重要因子具有关键意义。本文对林木直径测量的非接触性和接触性测量方法进行讨论,主要是从围测、卡测和瞄测3种测量方法以及相对应测量仪器的优缺点

充分讨论,从各类仪器的功能、结构、原理、成本和误差等方面进行比较。根据测量仪器及其测量方法的不同,结合测量精度得出一种更适合未来林木直径计测的方法。通过对现有的3种林木直径测量方法以及相应的测量仪器进行全方位的比较,将更适合的测量方法运用在未来林木直径测量仪器研发和森林资源调查工作中,以期林业工作者在具体工作

收稿日期:2018-01-25

基金项目:云南省科技厅重点新产品开发项目(2016BC006);云南省教育厅科学研究基金重点项目(2013Z084);昆明市林业信息工程技术研究中心开放基金建设项目资助(2015FIA03)。

作者简介:杨磊(1993-),男,云南大理人,工学学士,在读硕士研究生。Email: 2216081433@qq.com

通信作者:徐伟恒,男,博士,副教授,硕士研究生导师。Email: weihengx@gmail.com

中提供参考。

1 接触性围测

1.1 围测仪器的结构原理

卷尺的结构是由尺身、卷轴和卷条组成,在卷尺的中心依靠卷轴将具有弯曲性的尺身进行卷曲收缩,卷条在卷尺的收缩性上起到很大的作用,该类仪器由于做工和自身结构简易,故成本很低,现有的围尺市场价格均在几元到十几元不等。围测类仪器测量原理如图 1 所示,卷尺具有一定的宽度,设定卷尺宽度为 L ,实测周长为 C_0 ,理论周长为 C ,实测直径为 D_0 ,理论直径为 D 。根据公式(1)计算出测量直径真实值。

$$D = \frac{\sqrt{C_0^2 - L^2}}{\pi} \tag{1}$$

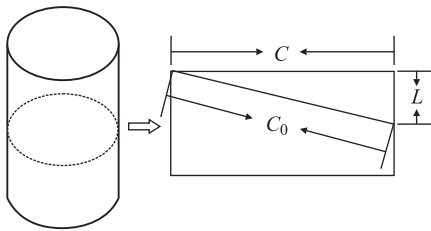


图 1 直径测量原理示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the diameter measurement principle

1.2 围测仪器的测量方法

围测是利用测量仪器围绕林木直径处进行测量。围测类仪器围绕树干一周,根据圆的周长和直径关系式(2)换算直径,

$$d = L/\pi \tag{2}$$

式中, d 表示林木直径; L 表示拉绳传感器所截树干截面的周长。

1.3 围测仪器的测量误差

围测仪器的误差来源第一是柔性尺面的宽度的大小影响测量的系统误差。第二是围尺测量的长度的大小影响测量的系统误差。围测仪器胸径测量功能误差主要是由卷尺宽度和实测周长误差引起的,根据围测类胸径测量式(3),求全微分可得式(4),根据误差传播定理可得式(5)。

$$d_D = \frac{\partial_D}{\partial_{C_0}} d_{C_0} + \frac{\partial_D}{\partial_L} d_L \tag{3}$$

$$d_D = \frac{C_0}{\sqrt{C_0^2 - L^2}} d_{C_0} - \frac{L}{\sqrt{C_0^2 - L^2}} d_L \tag{4}$$

$$\partial_D^2 = \frac{C_0^2}{C_0^2 - L^2} \partial_{C_0} + \frac{L^2}{C_0^2 - L^2} \partial_L \tag{5}$$

式中: d_D 、 d_L 和 d_{C_0} 分别是围测类仪器测量树木的胸径 D ,卷尺宽度 L 和实测周长 C_0 的导数; ∂_D 、 ∂_L 和 ∂_{C_0} 分别是围测类仪器测量树木的胸径 D ,卷尺宽度 L 和实测周长 C_0 的误差。

2 接触性卡测

2.1 卡测仪器的结构原理

卡测类测量仪器主要以卡尺为主要代表,卡尺由固定脚、滑动脚和尺身3部分组成,固定脚和滑动脚可以直接将卡尺固定在林木胸径处,在固定脚和滑动脚的下方是内侧为零刻度的尺身。该类仪器由于做工简单,构成材料普通,所以仪器成本较低,以目前常用的卡尺为例,市场价格均在几十元左右,价格便宜且能普遍接受。

2.2 卡测仪器的测量方法

卡测是指利用测量工具卡住林木需测量直径处进行测量。卡测类仪器的测量方法是将固定脚固定在尺身一端,滑动脚沿着尺身滑动,根据滑动脚的定位在尺身上读出所测树木的直径值^[1]。卡测需要在同一位置进行多次测量取平均值的方法得出测量值。卡测类仪器做工简单,它需要经过多次测量同一待测点后取平均值得出结果,一定程度上影响了效率,同时也造成了误差增大。

2.3 卡测仪器的测量误差

卡测仪器在一定程度上也会受到横截面不规则林木的影响,但是可以通过多次测量求平均提高精度,获得直径值。该类仪器的误差主要是由测量次数的多少而引起的,根据卡测类仪器测量原理式(6)

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_{n-1} + d_n}{n} \tag{6}$$

式中, d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_{n-1} 和 d_n 分别是测量 n 次林木直径的值, n 是测量次数, \bar{d} 是 n 次测量的平均直径值。从上式(6)可知,卡测类仪器的主要误差在于测量次数 n , n 值越大则林木直径测量平均值 \bar{d} 越接近理论值。

3 非接触性瞄测

3.1 瞄测仪器的结构原理

瞄测类仪器主要分为直接瞄测和间接瞄测两

类,以电子经纬仪与 CCD 相机、单片机和传感器为主要组成元件的一类仪器。其中,电子经纬仪和单 CCD 相机为主要元器件组成的测量仪器,在该类仪器中,在设计上配置高像素的单 CCD 相机是因为需要得到高质量的林木照片,从而精确地进行图像数据分析计算出林木直径。单片机的运用在智能化测量仪器中普遍存在,单片机是一种具有高集成、高效率运算的电子模块。

传感器也是电子类仪器中的一个重要器件,比如激光测距传感器、倾角传感器、图像传感器等,这些元件的设计应用使得测量数据的过程显得更为简便,不需要人工参与测量例如距离、角度等一系列数据,而是直接将感应数据参与单片机计算。

数据记录模块的应用也是智能仪器中的重要部分,Flash 闪存卡是一种数据存储器件,具有非易失性,在不通电的情况下也能长久保存数据,相当于硬盘的储特性。这满足了林业调查中存储大量数据的需求,更有便于携带,运用简易的特点。

非接触性测量原理指的就是在测量过程当中不需要与被测林木有接触的一类仪器。非接触式主要有带式和点式两类,以超站仪和全站仪为代表的点式非接触式测树仪主要是以一定角度,瞄测树干某一高度纵剖面的边界,采集树干直径数值。以特快能测径仪为代表的带式非接触式测树仪以设定一定带长,比照树干某一高度树干直径长度,采集树木直径数值。

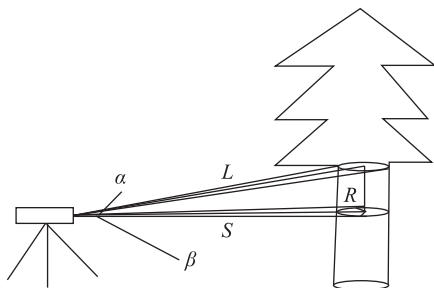


图 2 非接触式胸径测量原理示意图

Fig. 2 Schematic diagram of non-contact thoracic diameter measurement

非接触类测量仪器多由一些高精度的电子类元器件组成,例如单 CCD 相机、电子经纬仪、超站仪和一系列传感器等,由于这一类电子类元器件的做工精密、程序复杂等因素,故而使非接触仪器的成本相对较高。现有的单 CCD 相机市场价格均在几千元不等,而电子经纬仪市场价格均在三千到五千不等,传感器中以激光测距传感器为例,市场价格均处

于一千元左右。所以该类仪器成本相对较高且操作复杂,从而普及力度不是很大。

$$S = L \cdot \cos\beta \quad (7)$$

式中: S 是仪器中心到树木中心的水平距离; L 是仪器中心到树木中心的斜距; β 是 S 与 L 的垂直倾斜角。

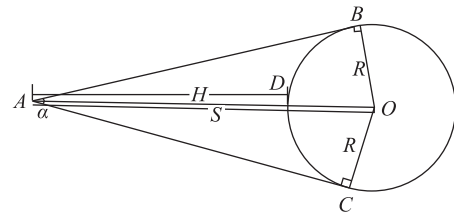


图 3 非接触式胸径横截面测量原理示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the cross-section measurement of non-contact chest diameter

$$S = H + R$$

$$R = S \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = (H + R) \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$R = \frac{H \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (8)$$

式中: H 是仪器中心到树木表面的水平距离; R 是树木水平横截面半径; α 是仪器瞄测树干两边的夹角。

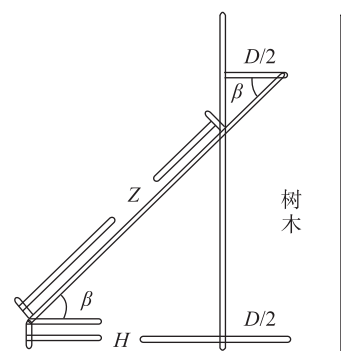


图 4 非接触式胸径纵截面测量原理示意图

Fig. 4 Schematic diagram of the measurement principle of non-contact diameter longitudinal section

$$\begin{aligned} S &= H + \frac{D}{2} = \left(Z + \frac{D}{2\cos\beta} \right) \cdot \cos\beta \\ &= Z \cdot \cos\beta + \frac{D}{2} \Rightarrow H = Z \cdot \cos\beta \\ D &= \frac{2H \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{2 \cdot Z \cdot \cos\beta \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (9) \end{aligned}$$

式中： Z 是仪器中心到树木表面的斜距； D 是树木水平横截面直径。

3.2 瞄测仪器的测量方法

非接触性通常指的是现有的一些电子类仪器，在不接触到林木树干的情况下，或瞄或拍照的方法测量。通过直接瞄测树干纵剖面边界和比较树干横截长度，或者采用间接扫描拍照处理，获取树干直径数值的方法。在这类仪器中，普遍常见的有超站仪、全站仪和 CCD 相机等。

3.2.1 非接触性间接瞄测

间接瞄测是指通过扫描拍照模块将林木横截面拍照后进行在处理，进而获取树干直径数值的方法。以 CCD 相机为代表的间接瞄测类仪器，利用 CCD 相机对林木的图像信息进行采集，然后经过阈值分割、开运算、边缘提取三个步骤处理后提取出林木胸径的二维坐标；再将采集其角度信息并转换为旋转坐标系、相机光心坐标和图像坐标，得出三维坐标，从而计算出林木胸径^[3]。

3.2.2 非接触性直接瞄测

直接瞄测是通过直接瞄测树干纵剖面边界和比较树干横截长度，获取树干直径数值的方法。以全站仪为代表的瞄测仪器测量得出立木胸径到全站仪中心的斜距，再将立木胸径以上的树干分成类似圆台的 n 段，测量得出相应各个位置的天顶距和水平角，从而计算出树干各分段的直径^[10]。

以超站仪为代表的直接瞄测仪器测量时，电荷耦合器件图像传感器将光线转变为电荷信号，再用自身的模数转换器将电荷信号转化为数字信号，再通过数字信号处理器进行白平衡、色彩校正等处理，将数字信号转换为图像呈现在屏幕上^[18]。然后将图像进行灰度处理，确定分界点，并根据其像素坐标值，计算出待测胸径的像素值，再对图像胸径进行纠正即可算出待测木胸径。

3.3 瞄测仪器的测量误差

瞄测测量功能误差主要是由仪器中心到树木表面的斜距、水平角和倾斜角误差引起的，根据非接触式胸径测量式(10)，求全微分可得式(11)，根据误差传播定理可得式(12)。

$$d_D = \frac{\partial_D}{\partial_Z} d_Z + \frac{\partial_D}{\partial_\alpha} d_\alpha + \frac{\partial_D}{\partial_\beta} d_\beta \quad (10)$$

$$d_D = \left(\frac{2 \cdot \cos\beta \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}} \right) d_Z +$$

$$\left(- \frac{2 \cdot Z \cdot \sin\beta \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}} \right) d_\beta +$$

$$\left(\frac{Z \cdot \cos\beta \cdot \cos \frac{\alpha}{2} (1 - \sin \frac{\alpha}{2}) + \frac{Z \cdot \cos\beta \cdot \sin\alpha}{2}}{(1 - \sin \frac{\alpha}{2})^2} \right) d_\alpha \quad (11)$$

$$\partial_D^2 = \left(\frac{2 \cdot \cos\beta \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}} \right)^2 \partial_Z^2 +$$

$$\left(- \frac{2 \cdot Z \cdot \sin\beta \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}} \right)^2 \partial_\beta^2 / \rho^2 +$$

$$\left(\frac{Z \cdot \cos\beta \cdot \cos \frac{\alpha}{2} (1 - \sin \frac{\alpha}{2}) + \frac{Z \cdot \cos\beta \cdot \sin\alpha}{2}}{(1 - \sin \frac{\alpha}{2})^2} \right)^2 \times$$

$$\partial_\alpha^2 / \rho^2 \quad (12)$$

式中， d_D 、 d_Z 、 d_β 和 d_α 分别是利用非接触式胸径测量树木的胸径 D ，仪器中心到树木表面的斜距 Z ， S 与 L 的垂直倾斜角 β 和仪器瞄测树干两边的夹角 α 的导数； ∂_D 、 ∂_Z 、 ∂_β 和 ∂_α 分别是利用非接触式胸径测量树木的胸径 D ，仪器中心到树木表面的斜距 Z ， S 与 L 的垂直倾斜角 β 和仪器瞄测树干两边的夹角 α 的误差； ρ 为常数，在角度单位为秒时， $\rho = 206\ 265$ ^[4]。

综上分析比较，接触式测径类仪器在进行林木直径测量时所产生的误差是很小的，在实际测量中是可以忽略不计的；非接触式测径仪器，在受到横截面不规则林木或者不通视因素的影响时，测量精度大大降低；通过比较仪器的测量误差，围测类仪器精度最高，其次是卡测类，精度最低的瞄测类。

4 几种测量方法的优缺点比较

本文主要论述的是接触性仪器测量方法和非接触性仪器测量方法。接触性测量方法通常指的是类似于卡测和围测等接触林木树干的测量方法，文中针对围测类和卡测类仪器进行了测量方法和仪器优缺点比较；非接触性通常指的是现有的一些电子类仪器，在不接触到林木树干的情况下，或瞄或拍照的方法测量，文中针对间接瞄测类和直接瞄测类仪器进行了测量方法和仪器优缺点比较。综合比较分析两种测量方法的优缺点，如表 1 所示。

表 1 非接触性与接触性两种测量方法优缺点比较对照表

测量方法	方法简述	优点	成本	缺点
非接触性测量	围测	围测类仪器其做工简单、操作方便和便于携带等优点	该类仪器由于做工和自身结构简易,故成本很低,现有的围尺市场价格均在几元到十几元不等	第一,是柔性尺面的宽度的大小影响测量的系统误差;第二,是围尺测量的长度的大小影响测量的系统误差 需要经过多次测量同一待测点后取平均值得出结果,一定程度上影响了效率,同时也造成了误差增大
	卡测		该类仪器由于做工简单,故仪器成本较低,目前常用的卡尺市场价格均在几十元左右	
接触性测量	间接瞄测	第一,两者都可以在不接近林木本身的情况下进行测量;其次,除对待测木进行拍照或瞄测外的工作均由计算机和仪器自身完成,会减少人为误差	现有的单 CCD 相机市场价格均在几千元不等;电子经纬仪市场价格均在三千到五千不等;传感器中以激光测距的市场价格均处于一千元左右。所以该类仪器成本相对较高	第一,用 CCD 相机拍照工作量小,但后期对相片的处理工作操作复杂;第二,当树木胸径的横截面是不规则圆形和 CCD 相机非线性畸变时会造成较大误差
	直接瞄测			直接瞄测是通过直接瞄测树干纵剖面边界和比较树干横截长度,获取树干直径数值的方法

围测仪器其做工简单、操作方便、成本低和便于携带等优点,使其具有广泛的应用。从测量方法与精度的角度来说,围测类仪器有两个缺点,第一,是柔性尺面的宽度的大小影响测量的系统误差,柔性尺面的宽度越大,测量的系统误差越大;反之系统误差越小。第二,是围尺测量的长度的大小影响测量的系统误差,围尺测量的长度越大,测量的系统误差越大;反之系统误差越小。

卡测仪器和围测类仪器类似,都具有做工简单、操作方便、成本低和便于携带等优点。卡测仪器需要在同一位置进行多次测量取平均值的方法得出测量值。卡测仪器的缺点在于它需要经过多次测量同一待测点后取平均值得出结果,一定程度上影响了效率,同时也造成了误差增大。

瞄测仪器在实际工作应用不多,其做工复杂、操作复杂、成本相对较高和便于携带的缺点是重要原因之一。同时,所有瞄测类仪器都有一个不可避免的缺点,就是瞄测时是通过人眼瞄测准林木,如果瞄测点和待测林木之间的距离较远或者是待测物是非通直的林木时,人眼无法瞄测准林木进行测量,这将大大影响测量误差和效率。当然,如果待测林木属于孤岛林木的话,瞄测类仪器可以在不接近林木本身的情况下进行测量,这是卡测和围测类仪器无法做到的。

综上分析比较,接触式测径类仪器在进行林木直径测量时所产生的误差是很小的,在实际测量中是可以忽略不计的;非接触式测径仪器,在受到横截

面不规则林木或者不通视因素的影响时,测量精度大大降低;通过比较仪器的测量误差,围测类仪器精度最高,其次是卡测类,精度最低的瞄测类。

5 小结

通过对林木直径在森林调查和森林计测中的应用和意义以及国内外的研究现状进行充分探讨后,综合考虑林木直径测量方法所代表的测量仪器的原理、结构和精确度等几个方面因素,对现有林木直径测量仪器进行比较。

就测量方法而言,接触性测量仪器具有做工简单、便于携带、测量方法简化和精度高等几方面的优点。但是这类产品同样也存在比如像卡尺测量效率低、测量时可受到不规则林木的影响等一些问题;再者,如围尺会受到自身尺身材质的弹性、测量时尺身叠加后导致实际测量距离为长方形对角线等一系列问题的影响。针对这些不足和缺点,在今后的现代化林业工作中,在智能林业测量仪器生产中来改进的地方。比如,以现有的一些电子卷尺为例,在生产过程中可以尽量缩小其尺身宽度,使之测量时围绕树干后叠加范围大大减小,从而提高围测类测量仪器的精度。所以,在未来新型林业调查测量仪器的研究和研制中,要考虑和融入接触类仪器的原理、方法和结构,从而降低仪器的系统误差,进而提高林业工作效率。

就测量精度而言,接触性仪器在实际操作过程

中受到待测林木是否通直的影响小,精度也相对非接触类仪器要高得多;以非接触性为原理的一类仪器,做工复杂、测量方法繁琐,在精度上较接触性的仪器低很多,这主要体现在比如超站仪等瞄测类仪器存在人工瞄准或者是待测林木为不规则林木时会出现的较大误差。所以,接触类型的测量仪器才是能在林业调查中广泛运用的仪器,同时也是可以在以后的林业调查仪器生产中融入的因素。

参考文献:

- [1] 孟宪宇. 测树学(3版)[M]. 北京:中国林业出版社,2006.
- [2] 邝立刚. 电子测径仪的研制[J]. 林业资源管理,1997,(6): 32~34.
- [3] 侯鑫新,谭月胜,钱桦,程朋乐. 一种基于单 CCD 与经纬仪的林木胸径测量方法[J]. 计算机应用研究,2014,31(4): 1225~1228.
- [4] 张原琳,冯仲科,曹爱松,黄晓东. 电子测树一用于单木测量误差分析研究[J]. 测绘通报,2015,(8): 46~50.
- [5] 关炳福. 关于森林资源连续清查工作中提高样木胸径测量精度的探讨[J]. 内蒙古林业调查,2010,33(5): 63~64.
- [6] 何美成. 关于树干削度方程[J]. 林业资源管理,1993,(5): 42~50.
- [7] 冯仲科,徐伟恒,杨立岩. 利用手持式超站测树仪测量林分空间结构参数[J]. 农业工程学报,2015,31(6): 213~217.
- [8] 鄢前飞. 林业数字式测径仪的研制[J]. 中南林业科技大学学报,2008,28(2): 95~99.
- [9] 李晓慧,路元昌,袁彩霞,雷相东. 六盘山林区林分直径分布模型研究[J]. 内蒙古农业大学学报,2006,27(4): 68~72.
- [10] 于东海,冯仲科,曹忠,蒋君志伟. 全站仪测量立木胸径树高及材积的误差分析[J]. 农业工程学报,2016,32(17): 160~167.
- [11] 冯仲科,景海涛,周科亮,吴鸿华. 全站仪测算材积的原理及精度分析[J]. 北京林业大学学报,2003,25(3): 60~62.
- [12] 陈金星,岳德鹏,冯仲科,丁家巍. 手持式树径自动识别测树仪的研制与应用[J]. 浙江农林大学学报,2016,33(4): 589~598.
- [13] 钟运宁. 树高胸径关系的初探[J]. 热带林业科技,1987,(3): 33~37.
- [14] 苏乙奇. 林木削度方程研究概述[J]. 林业科技情报,2008,40(2): 22~23.
- [15] 陶锡岗,矫德胜. 利用角规测量立木上部直径[J]. 山东林业科技,1973,(5): 30~31.
- [16] 刘文钦. 围尺和轮尺间测量偏差的研究[J]. 吉林林业科技,1985,(2): 17~21.
- [17] 陈金星,张茂震,赵平安,金雨菲. 一种基于拉绳传感器的林木直径记录仪[J]. 西北林学院学报,2013,28(4): 188~192.
- [18] 黄晓东,冯仲科,解明星,陈金星,刘金成. 自动测量胸径和树高便携设备的研制与测量精度分析[J]. 农业工程学报,2015,31(18): 92~99.
- [19] 冯仲科,姚山,刘水霞,等. 从林业信息数据采集到森林知识获取[J]. 北京林业大学学报,2005,29(增刊2):1~7.
- [20] Behre C E. Comparison of diameter tape and caliper measurements in second-growth spruce. *Journal of Forestry*,1926,24(2): 178~182.
- [21] Bell J F, Groman W A. A field test of the accuracy of the Barr and Stroud Type FP-12 optical dendrometer. *Forestry Chronicle*, 1971, 47(2): 69~74.
- [22] Henning J G, Radtke P J. Detailed stem measurements of standing trees from ground-based scanning lidar. *Forest Science*, 2006,52(1): 67~80.
- [23] Liu C J, Huang X, Eichenberger J K. Preliminary test results of a prototype of Criterion. *Southern Journal of Applied Forestry*, 1995,19(2): 65~71.
- [24] Parresol B R, Hotvedt J E. Diameter measurement in bald cypress. *Forest Ecology and Management*,1990,33/34(1~4):509~515.