

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2017.04.019

## 一种便携式电子测径仪的研制

孔雷<sup>1</sup>·李陆勋<sup>1</sup>,朱丽艳<sup>1</sup>,王海亮<sup>1</sup>,徐伟恒<sup>2</sup>,胡文洪<sup>3</sup>

(1. 国家林业局昆明勘察设计院, 云南 昆明 650216;

2. 西南林业大学计算机与信息学院, 云南 昆明 650224;

3. 富民县林业局森林病虫害防治检疫站, 云南 富民 650400)

**摘要:**设计了一种基于拉伸传感器自动测量记录树木直径的设备——一种便携式电子测径仪,该设备以单片机、传感器、卷尺和卷盘等主要硬件为基础,基于脉冲计数,通过A/D转换把传感器测得的数据转换成周长与直径,嵌入操作软件,实现林木直径的数字化精确测量。本研究将摒弃现有基于光学原理和机械原理的产品设计思路,开启测树仪器产品向集成化、微型化、数字化发展的新途径。

**关键词:**林业;测量精度;数字化;智能化

中图分类号:S758.5 文献标识码:A 文章编号:1003-5508(2017)04-0090-03

## Development of a Portable Electronic Tree-diameter Dendrometer

KONG Lei<sup>1</sup> LI Lu-xun<sup>1</sup> ZHU Li-yan<sup>1</sup> WANG Hai-liang<sup>1</sup>  
XU Wei-heng<sup>2</sup> HU Wen-hong<sup>3</sup>

(1. China Forest Exploration & Design Institute on Kunming, Kunming 650216, Yunnan, China;

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

3. Diseases and Pests Prevention Station of Fumin Forest Bureau, Fumin 650400, Yunnan, China)

**Abstract:** A portable electronic tree-diameter dendrometer is was developed based on a strain sensor to automatically measure and record the diameter of a tree. The main hardware constituting the device were micro-electro-mechanical systems, sensor, tape and reel. Through A/D, the pulse count of the sensor was converted to the perimeter and diameter of the tree, which would be embedded in the operating software, to realize the digitization and accuracy of tree-diameter measurement. Beyond the existing product design ideas based on optical principles and mechanical principles, this study developed a new approach of integration, miniaturization, digital development of dendrometer.

**Key words:** Forestry, Survey precision, Digitalization, Intelligence

在林业调查中,树木的直径是一个重要因子,精确获取直径数据具有关键意义。在树轮气候学中,需要了解历史时期的气候变化,理解气候对树木径向生长的响应机理<sup>[1]</sup>。用于树干与木材直径的测量工具种类很多,结构繁简差别很大<sup>[2-5]</sup>。简单的有轮尺、直径卷尺(围尺)和检径尺(钩尺)等<sup>[6]</sup>。以

卡尺和轮尺为代表的测径仪,这类仪器缺点主要是针对树干横截面不规则的问题,需要在胸高位置多次测量不同方向的直径,需要人工读数,存在估读误差,且测量数据无法直接保存,需要纸质记录,通常需要一人测量、一人记录,工作效率低<sup>[7]</sup>。

目前,市场上也出现了一些测量树木胸高直径

收稿日期:2017-02-18

基金项目:云南省科技计划项目。项目名称(编号):数字化多功能便携式测树仪的研制(2016BC006)。

作者简介:孔雷(1986-),男,2013年毕业于北京林业大学,博士,工程师,主要从事林下经济发展和天然林分结构研究。E-mail:1234konglei4321@sina.com。

的电子类产品,如树木直径记录仪、测树超站仪、蓝色测径仪、数码测树尺和果茎生长测量尺等<sup>[8]</sup>。蓝色测径仪、数码测树尺和果茎生长测量尺是瑞典 Hagl? f 公司的产品,其形状类似卡尺,具有防水性能好、坚固耐用、重量轻、价格便宜的优势,但同测树超站仪一样无法解决不规则形状直径的测量<sup>[9]</sup>。测树超站仪是一台集测径、测高和定位多功能测树仪,其测径原理是将树体分成上、中、下 3 部分,通过瞄准器瞄准树体边缘以求得 3 处的直径<sup>[10]</sup>。这类仪器缺点有很多,第一是这种方法是把树干横截面当成标准圆形,无法精确测量横截面不规则胸高直径;第二是用瞄准镜目测胸高直径的系统误差和测量误差都非常大;这种仪器测量也没有考虑过人体工学的问题,目测林木胸径的测量误差会非常大,胸径的微小差异都会引起林木蓄积和材积误差几何倍数增加;第三是这类瞄准设备一般含瞄准器(或者目镜)和红外线目标点,在阴天或者光线不是很强的室内还能看到红外点,但是当光线很强的野外就非常难找到红外目标点,因此很难进行对胸径的测量<sup>[11]</sup>。

便携式电子测径仪是一种基于拉伸传感器自动测量记录林木直径的设备。这种设备采用绕测的办法,通过 AD 转换将传感器测得的数据转换成周长与直径,解决了椭圆型或者不规则形状截面直径测量<sup>[12]</sup>。便携式电子测径仪研制的目的是为了适应野外,尤其是山区使用,仪器必须要计算量小、体积小、重量轻、便携。

## 1 便携式电子测径仪的构造

### 1.1 系统构造

如图 1 所示,电路板上设置有以单片机为核心的电路,电路由纽扣电池供电,单片机对外连接有校正按钮、数据确认/发送按钮和开关机按钮三个按钮,以及液晶显示屏、位移传感器、A/D 转换器、wifi 设备、存储器等。

### 1.2 卷盘与卷尺

如图 2 所示,校正按钮、数据确认/发送按钮、开关机按钮、液晶显示屏设置在外壳的外表面,可以进行功能操作和看见显示的内容。

如图 3 所示,在外壳的里部空间中,设置有测量卷尺、卷盘、拉绳位移传感器、电路板、纽扣电池、校正按钮、数据确认/发送按钮和开关机按钮等。仪器内置一个滑轮,滑轮与卷尺紧密接触,且不会发生打

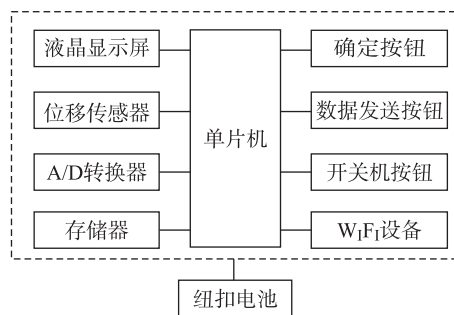


图 1 便携式电子测径仪电路原理框图

滑,在滑轮的中心有一个旋转编码器,当拉动卷尺时,滑轮跟随转动,旋转编码器产生脉冲,MCU 对脉冲计数,计算卷尺位移距离,转换为林木周长和直径。当卷尺归位后,零点可能会有轻微波动,这时需要进行零点校准;或者需要把仪器特定长度当作零点时,可使用校正按钮进行校准。当数据测量完成时,按动数据确认/发送按钮,将测量结果上传至终端设备。

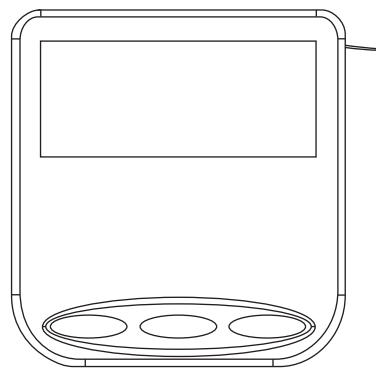


图 2 便携式电子测径仪外观结构图

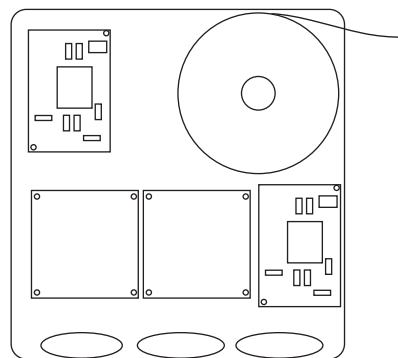


图 3 便携式电子测径仪内部剖视图

## 2 胸径测量原理与误差传播

如图 4 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。

$$D = \frac{\sqrt{C_0^2 - L^2}}{\pi} \quad (1)$$

由胸径测量原理与误差传播定理可得

$$\Delta D = \sqrt{\left(\frac{\partial D}{\partial C_0} \cdot \Delta C_0\right)^2 + \left(\frac{\partial D}{\partial L} \cdot \Delta L\right)^2} \quad (2)$$

式中  $\Delta D$ 、 $\Delta C_0$  和  $\Delta L$  分别是直径值  $D$ 、卷尺实测周长  $C_0$  和卷尺宽度  $L$  的误差;  $\Delta C_0$  为卷尺非水平引起的误差;  $\Delta L$  为未考虑卷尺宽度和叠加引起的误差。

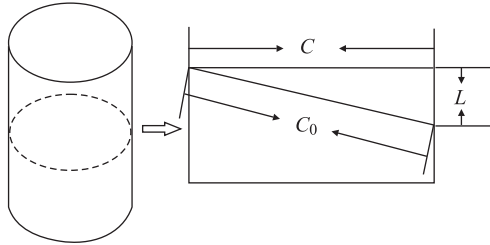


图4 直径测量原理示意图

### 3 便携式电子测径仪的功能

测量工作人员站在目标林木周围,按下开关机按钮将测量卷尺环绕林木一周。单片机根据按钮的触发辨识为开机需求,仪器上电,各器件进行工作状态。拉出测量卷尺,位移传感器感应卷尺的位移,将信号通过 A/D 转换传送给单片机,液晶显示屏实时显示卷尺的位移量;当卷尺绕树干一周以后,停止拉动卷尺,按下数据确认/发送按钮,单片机根据传感器发送的位移信号(即林木周长),利用公式(1)计算林木直径,并在液晶显示屏上显示。单片机同时也可以通过存储器存储这些数据。当测量完毕,操作人员松开卷尺,卷尺自动通过卷盘收回,树木直径值自动归零。

### 4 便携式电子测径仪的特点

#### 4.1 降低测量误差

电子测径仪采用的是围测的方法,解决了树体不规则横截面直径的精准测量。电子测径仪利用卷尺和成熟的传感器、单片机就可以采用围尺测量周长,利用公式(1)转化为直径,其中:  $L$  为测量周长,  $D$  为树木直径,解决了背景中提到的卡尺测量由于树木横截面不是标准圆,而直接测量直径引起的误差问题。

#### 4.2 实现内外业一体化

电子测径仪还设置了液晶显示屏和存储器,是一种电子化树木直径测量仪器,数据可以数字化显

示、电子化保存,解决背景技术中提到的测径尺人工读数、易读错、需要纸质记录等问题。电子测径仪通过 wifi 数据可以发送到终端设备,并且通过终端设备可记录存储,设有 USB 端口,有利于后台处理,实现了内外作业一体化。

#### 4.3 仪器便携耐用

电子测径仪外壳采用工程塑料,防护级别可达 IP54 级,具有坚固耐用,防水防摔,满足一般野外调查消耗强度;采用锂电池充电,续航能力强,显示清晰;整个仪器重量为 0.75 kg 左右(不含电池),非常适合于野外作业。

## 5 结论与讨论

测径仪器测量的原理可以分为接触性测量原理和非接触性测量原理<sup>[13]</sup>;方法可以分为卡测、围测和瞄测;结构可以分为机械结构和电子结构<sup>[14]</sup>。在众多测径仪器产品中,以基于接触性为原理,围测类为方法,拉绳传感器为结构的电子测量仪器,精度最高,测量使用最方便。测径仪器如果再能具有便携的特点,可以在未来森林资源连续清查和森林资源规划设计调查中广泛运用<sup>[15]</sup>。

本研究具有可手持单人操作的优势,外壳小巧轻便,外形扁平,由工程塑料制成,工程塑料具有优良的综合性能,刚性大,蠕变小,机械强度高,耐热性好,电绝缘性好,可在较苛刻的化学、物理环境中长期使用。外壳可由底盒和上盖两部分组成,底盒和上盖之间可以以扣合的方式密合,或者进一步可加螺钉拧紧固定,或者再进一步讲,可在扣合处加密封圈增强密封;除此之外,任何一种能够在壳体里面放置器件,又可以方便打开或关闭,且满足一定密封性的壳体形式,都是可取的。密封的理由是在里面装有电路板等电器件,防止进水或受潮。电子测径仪坚固防水便携,同时兼具数据传输功能,自动化存储,实现内外作业一体化。根据绝大多数成年树木的直径,测量卷尺长度可设计为 2 m 基本满足绝大多数树木的测量要求,同时还解决了林木横截面为椭圆型或者不规则形状的直径测量问题。针对目前森林调查测量设备落后,测量精度不高,效率低下等问题,开发此精准、便携、易用、高效的测量仪器,实现了林木测径仪的低成本、微型化、智能化、一体化、实时性、高可靠性的完美集成。

(下转第 109 页)

的政绩考核。七是鼓励多种形式的合作造林,拓宽水源林建设的投资渠道。

#### 4.3 高效利用土地,提高水源林建设质量,发挥综合效益

富顺是粮食生产大县,林业资源小县,土地资源紧缺。通过科学布局、合理规划,高效利用土地造林至关重要。结合“生态、产业、扶贫”,充分利用江河库沿岸、道路两旁、房前屋后、撂荒空地等空间,建设一批基干防护林带和林水相依的景观带。结合生态建设,因地制宜,在适地适树原则的指导下,选择根量多、根域深广、林冠层郁闭度高的树种。考虑营造针阔混交林,形成伴生树种和灌木林等混交复层林结构,提高的水土保持与水源涵养的能力。结合县域经济发展,以改善农业生产环境,增强农业生产活力,大力推进精准扶贫为目的,在保护现有植被的前

提下,结合生物措施和工程措施,改革不合理耕作方式,建成具有丰富林种、树种,网、带、片合理配置,生态效益、经济效益及社会效益兼顾的生态经济防护林体系<sup>[8]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 《森林生态学》[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [2] 《富顺县领导干部经济工作手册》.富顺:富顺县统计局,2016.
- [3] 《富顺县水资源综合规划》.富顺:富顺县水务局,2016.
- [4] 《富顺县天然林资源保护工程二期实施方案》.富顺:富顺县林业局,2010.
- [5] 《习近平总书记系列重要讲话读本》[M].北京:学习出版社,2016.
- [6] 《中共四川省委关于推进绿色发展建设美丽四川的决定》[M].成都:中共四川省委办公厅,2016.
- [7] 《森林培育学》[M].北京:中国林业出版社,2002.
- [8] 《森林培育学》[M].北京:中国林业出版社,2002.

(上接第 92 页)

#### 参考文献:

- [1] 王章勇,杨保,秦春,等.树木径向生长机制监测和模拟研究进展[J].中国沙漠,2011,3(31):780~787.
- [2] David M D,Geoffrey M D. The Use of Precision Dendrometers in Research on Daily Stem Size and Wood Property Variation: A Review [J]. Dendrochronologia,2009,(27):159~172.
- [3] Louis D,Daniel H. Modeling Day to Day Stem Diameter Variation and Annual Growth of Balsam Fir (Abies balsamea (L.) Mill.) from Daily Climate [J]. Forest Ecology and Evolution,2011,262:863~872.
- [4] Lovell J L,Jupp D L B,Newnham G J,et al. Measuring Tree Stem Diameters Using Intensity Profiles from Ground-based Scanning Lidar from a Fixed Viewpoint[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,2011,66:46~55.
- [5] Sevanto S,H? It? T,Hirsikko A,et al. Determination of Thermal Expansion of Green Wood and the Accuracy of Tree Stem Diameter Variation Measurements[J]. Boreal Environment Research,2005,24(10):437~445.

- [6] 孟宪宇. 测树学[M].北京:中国林业出版社,2006.
- [7] 叶添雄. 新型国产测树仪在基本测树因子测量中的应用[D].北京:北京林业大学,2016.
- [8] 徐伟恒. 手持式超站测树仪研制及功能测试研究[D].北京:北京林业大学,2014.
- [9] 陈金星. 便携式测树仪的研制及应用研究[D].北京:北京林业大学,2016.
- [10] 冯仲科,景海涛,周科亮,等. 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):60~63.
- [11] 国家林业局昆明勘察设计院,西南林业大学. 一种便携式电子测径仪[P].CN201620956137.9.2016-8-26.
- [12] 陈金星,张茂震,赵平安,等. 一种基于拉绳传感器的树木直径记录仪[J].西北林学院学报,2013,28(4):188~192.
- [13] Clark N A,Wynne R H,Schmoldt D L. A Review of Past Research on Dendrometers[J]. Forest Science,2000,46(4):570~576.
- [14] 刘发林,曾思齐,鄢前飞,等. 数字式多功能测树仪的研制[J].中南林业科技大学学报,2012,32(4):41~44.
- [15] 陈金星,张茂震,赵平安,等. 一种基于拉绳传感器的树木直径记录仪[J].西北林学院学报,2013,28(4):188~192.