

测树学实验实习教程

主 编 刘 盛

副主编 付洪利 李国伟

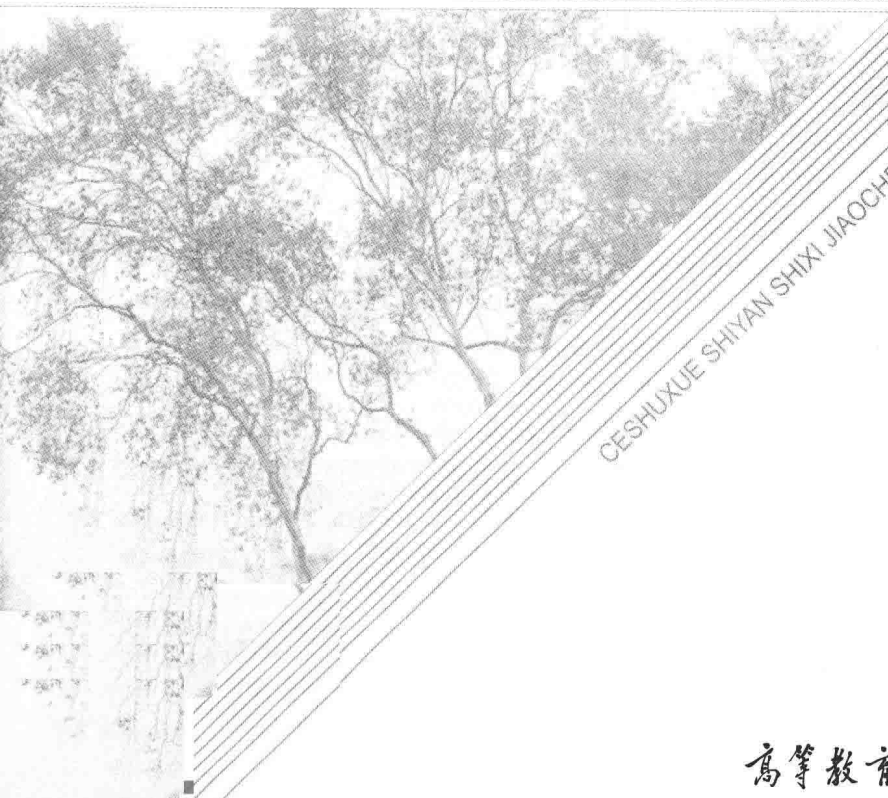


高等教育出版社

测树学实验实习教程

主 编 刘 盛

副主编 付洪利 李国伟



CESHUXUE SHIYAN SHIXI JIAOCHENG

高等教育出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

测树学实验实习教程 / 刘盛主编. -- 北京: 高等教育出版社, 2016.3

ISBN 978-7-04-041848-4

I. ①测… II. ①刘… III. ①测树学-高等学校-教材
IV. ①S758

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 312650 号

策划编辑 李光跃 责任编辑 李光跃 封面设计 姜磊 责任印制 耿轩

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京宏信印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 9.75
字 数 230 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2016 年 3 月第 1 版
印 次 2016 年 3 月第 1 次印刷
定 价 16.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 41848-00

前 言

“测树学”是林学及其相近专业的专业基础必修课。具有理论性强、实践性更强的特点,它为林学及其相近专业的专业课提供森林描述的专业术语,森林调查的理论、方法和技术。测树学实验和实习是测树学教学环节的重要组成部分,为了加强学生的实践能力培养,测树学实验和实习历来受到相关院校的高度重视。

测树学实验实习中有些内容,如测器的使用、林分调查因子的调查与内业计算方法、各种林业常用数表的编制和使用方法等,其理论并不很难,但实际操作和计算非常繁琐,只有通过实际调查、计算等实践环节才能很好地掌握。因此,本教程将北华大学林学院多年来的常规实验和实习内容纳入其中,目的是方便学生了解和掌握实验实习的主要内容和方法。并提供了实验实习所必需的外业和内业调查表格。

本教程在编写过程中,参考了1984年北京林业大学主编的《测树学实习指导书》及1991年东北林业大学主编的《测树学实习指导书》。附表中的材积表、标准表等则主要是从吉林省林业厅、黑龙江省林业厅颁布执行的林业实用数表中收录,并从公开出版的期刊文献中收录了部分数表。

在编写本教程时充分注意了以下几点:

一是实验和实习内容的安排尽量做到理论与实践密切结合,通过实际操作和计算加深使用者对测树学基本理论、主要森林调查方法的理解。

二是加强了实践环节,如保留了经典测树仪器的原理、构造与使用方法,又增加了现在使用较为广泛的超声波测高器等新型仪器的使用方法;在每个实验中均提供了数据,即使没有条件到野外实验也可以利用本书所提供的数据按教程中的实验方法和步骤完成实验,还有数表的编制侧重于计算环节,便于学生更快掌握。

三是为了方便实验和实习,本教程将实验和实习过程中可能用到的材积表、标准表等数表以附表的形式列于教程的后面,地位级表和地位指数表由于吉林省近期没有正式编制出版过,所以附表中有些树种的地位级表和地位指数表收录得不全。

本教程可作为设有林学专业的林业、农业等院校的测树学的辅助教材,并推荐研究生和生产领域的技术人员及科研人员参考选用。

本书的实验部分由刘盛编写,实习部分及附表由刘盛、付洪利、李国伟共同编写。

编 者

2014年7月于北华大学

目 录

绪论	1
----	---

上篇 实 验

实验一 测树工具的使用	5
实验二 伐倒木材积测定	19
实验三 绘制、拟合树高曲线	23
实验四 一元材积表的编制和导算	31
实验五 林分蓄积量的测算	38
实验六 林分蓄积生长量的计算	46
实验七 树干解析	56
实验八 角规测树	63
实验九 伐倒木造材及原木材积表的应用	67
实验十 树木生长模拟	71
实验十一 树木生物量测定	75

下篇 实 习

1 实习目的	85
2 实习时间	85
3 实习地点	85
4 实习要求	85
5 实习工具	86
6 固定样地调查	87
7 标准地调查	97
附表1 GPS 参数设置	110
附表2 吉林省优势树种(组)龄级、龄组划分表	111
附表3 吉林市针叶树(天然林)一元材积表	112
附表4 吉林市一类阔叶树(天然林)一元材积表	114

附表 5	吉林市二类阔叶树(天然林)一元材积表	116
附表 6	吉林市柞树(天然林)一元材积表	118
附表 7	吉林市人工红松林一元材积表	120
附表 8	吉林市人工落叶松林一元材积表	122
附表 9	吉林市人工樟子松林一元材积表	124
附表 10	吉林市人工杨树林一元材积表	126
附表 11	吉林省次生林柞树纯林标准表	128
附表 12	吉林省次生林白桦纯林标准表	129
附表 13	吉林省次生林山杨纯林标准表	130
附表 14	吉林省次生林柞树为主的硬阔混交林标准表	131
附表 15	吉林省次生林水曲柳、胡桃楸为主的硬阔混交林标准表	132
附表 16	吉林省次生林山杨、白桦(楸树)阔叶混交林标准表	133
附表 17	小兴安岭红松纯林标准表	134
附表 18	落叶松人工林标准表	135
附表 19	柞树、榆树、色树混交林标准表	136
附表 20	红松、落叶松、云杉生长过程表	137
附表 21	冷杉、水曲柳、胡桃楸生长过程表	138
附表 22	黄波罗、榆树、楸树生长过程表	139
附表 23	山杨、白桦、枫桦生长过程表	140
附表 24	柞树、色树生长过程表	141
附表 25	苏联实生天然林地位级表	142
附表 26	小兴安岭红松地位级表	143
附表 27	主要人工造林树种的地位指数表	144

主要参考文献	147
--------	-----

绪论

1 测树学实验实习在培养学生实践能力中的地位及作用

“测树学”是林学专业重要的必修专业基础课程,具有实践性强、学科交叉性强等特点。其目的和任务主要有两个方面:一是为森林的生长、培育及木材生产提供数量调查、质量评定和生长动态分析的理论与技术;二是给生产实践和林学的各个分科提供分析研究用的测算理论知识、技术方法与常用数表。作为一门理论与实践性很强的林业技术基础学科,测树学实验和实习是培养学生基本技能和动手能力的主要教学环节,由穿插于测树学理论教学过程中的实验课和理论课结束后的课程综合实习两部分组成。实验课着重为培养学生某项实践技能而设立,实习则是将测树学整门课程甚至包括其他课程(如森林经理学)的知识综合在一起,在野外森林环境中进行实地练习的过程。通过实验和实习期望有计划地培养和训练学生分析问题和解决问题的能力,使学生在理论知识的指导下掌握单木及林分材积(或蓄积)、生长量、材种出材量和生物量测定等方面的基本技术和方法,系统掌握森林调查测定的基本技能;并且在这一过程中,使学生全面掌握常用森林调查仪器的使用方法、常用林业数表的编制与使用方法,培养学生从事科学研究的能力。

2 测树学实验实习应达到的实践动手能力标准

测树学具有很强的实践性,实验实习教学是整个教学计划中的重要环节,尤其在培养学生的基本操作技能、培养学生运用理论知识解决现实问题的能力和巩固课堂讲授内容上起着重要的作用。通过测树学实验和实习,学生在森林调查测定基本技能方面应达到下述要求:

(1) 正确掌握常用测树工具的使用方法和测定技术。

(2) 熟悉林业常用数表的应用,掌握利用计算机编制简单林业数表的理论、技术和方法。

(3) 掌握常规的森林调查方法和内业计算方法。

(4) 初步具有承担一般森林调查任务的组织能力和实践能力,为后续专业课程的学习和将来从事林业生产与科研工作奠定基础。

上 篇

实 验

实验一 测树工具的使用

1 实验目的

熟悉和掌握几种常用测树工具的构造、原理及使用方法。

2 仪器、资料及辅助用表

轮尺、围尺、布鲁莱测高器、克里斯顿测高器、DQW-2 型望远测树仪、激光测距/测高仪、超声波测高器、二米测竿、记录夹、计算工具和记录用表。

3 仪器的构造、原理及使用方法

3.1 测径器

直径测定工具的种类很多,常用的有直径卷尺(围尺)、轮尺和钩尺等。

3.1.1 径阶的概念及整化刻度的方法

在直径测定过程中,经常会遇到径阶这个概念。所谓径阶是指在进行森林资源调查时,为了读数和统计的方便,将树木的直径按 1 cm、2 cm、4 cm 进行分组,所分的直径组称为径阶(diameter class)。

在进行林分测定或森林资源调查时,对于直径的量测一般采用量测树木实际直径或径阶整化 2 种方法。量测树木实际直径时,以厘米(cm)为单位,精确到 0.1 cm。径阶整化是指在进行森林资源调查时,所调查的单元是大量的树木,为了读数和统计方便,将树木直径按 1 cm、2 cm、4 cm 进行分组记录 and 统计的工作。径阶整化通常采用上限排外法,如表 1-1 所示。

表 1-1 径阶范围划分					
1 cm 径阶范围(cm)		2 cm 径阶范围(cm)		4 cm 径阶范围(cm)	
径阶	径阶范围	径阶	径阶范围	径阶	径阶范围
1	0.5 ~ 1.4	2	1.0 ~ 2.9	4	2.0 ~ 5.9
2	1.5 ~ 2.4	4	3.0 ~ 4.9	8	6.0 ~ 9.9
3	2.5 ~ 3.4	6	5.0 ~ 6.9	12	10.0 ~ 13.9
4	3.5 ~ 4.4	8	7.0 ~ 8.9	16	14.0 ~ 19.9
5	4.5 ~ 5.4	10	9.0 ~ 10.9	20	18.0 ~ 21.9
6	5.5 ~ 6.4	12	11.0 ~ 12.9	24	22.0 ~ 25.9
...	...	...	...	...	...

为了方便进行林分测定和森林资源调查工作,一般将径阶刻划在测径器上。径阶整化的刻度方法是把各径阶中值刻划在该径阶的下限位置上,如图 1-1 所示。

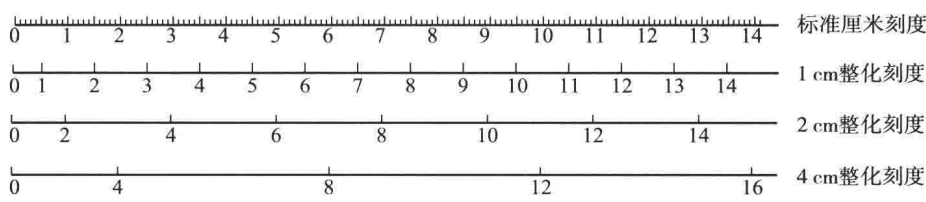


图 1-1 径阶的刻划方法与标准厘米刻度的对照

3.1.2 直径卷尺(围尺)

直径卷尺又称围尺(diameter tape),根据制作材料的不同,可分为布围尺、钢围尺和蔑围尺 3 种。通过围尺量测树干的圆周长(C),按公式 $C = \pi \cdot D$ 计算直径(D)。围尺一般长 1~3 m。围尺采用双面刻划:一面刻普通米尺刻度,另一面刻上与圆周长相对应的直径读数,也就是根据 $C = \pi \cdot D$ 的关系进行刻划,所以从这一面读出的是直径值而不是周长值,如图 1-2 所示。

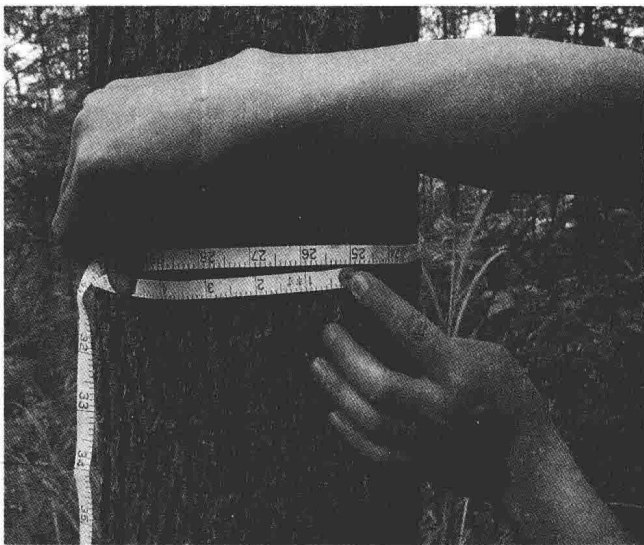


图 1-2 直径卷尺(围尺)

(1) 使用方法

用围尺围住要测定的树干部位,与围尺上的起始点 0 相对应的尺的另一端的读数值即为树干的直径。当读取整化径阶值时,只要读数值大于某一刻度 X 而未超过 X 刻度的上一个刻度值,则直径读数值均为 X 值。例如,围尺起始点 0 位于读数 14~16 之间,而未超过 16 刻度线时,则直径值为 14 cm。

(2) 使用注意事项

使用时,必须将围尺稍微用力拉紧平围于树干后,才能读数;围尺必须围在树干的同一水平面上,防止倾斜,否则易产生偏大于实际值的误差。用围尺量测树干直径再换算成断面积时,一般比实际的树干断面积偏大,这是因为树干的横断面不是正圆,而在周长相等的平

面中,以圆的面积最大。

3.1.3 轮尺

(1) 构造

如图 1-3 所示,轮尺可分为固定脚、滑动脚和尺身 3 部分。测尺的一面为普通米尺刻度,另一面为整化刻度。滑动脚可以在尺身上滑动。

(2) 使用方法

通过滑动脚在尺身上的滑动将树干夹于滑动脚与固定脚之间,实现树干直径的量测。

(3) 使用注意事项

① 在测定前,首先检查轮尺,必须注意,固定脚与滑动脚应当平行,且与尺身垂直。

② 测径时,轮尺的 3 个面必须紧贴树干,读出数据后,才能从树干上取下轮尺。

③ 测立木胸径时,应严格在 1.3 m 的部位进行测定。如在坡地,应站在坡上部确定树干上 1.3 m 处的部位,然后再测量其直径。树木若在 1.3 m 以下分叉时,按 2 株测算。

④ 当树干横断面不圆时,应测相互垂直的 2 个直径,取平均数作为测定值。

3.2 测高器

测高器的种类较多,但根据其原理大体可分为两大类:一类是利用几何相似形原理设计的,如克里斯顿测高器、圆筒测高器等;另一类是利用三角函数原理设计的,如布鲁莱测高器等。

现代新型测高器则是利用激光或超声波测距,倾斜角度测量仪测倾斜角度,再利用距离和倾斜角度换算出高度。

3.2.1 克里斯顿测高器

(1) 测高原理

克里斯顿测高器是按几何相似形原理设计的。如图 1-4 所示,当 $BC \parallel B'C'$ 时,则有:

$$E'C' = \frac{EC \cdot B'C'}{BC}$$

若 $E'C'$ 、 BC 为定长(一般 $E'C'$ 用二米测竿, BC 用 30 cm 测尺取代),则将 $B'C'$ (树高)值代入上式,即可计算出相应的 EC 值。若将一系列的 $B'C'$ (树高)值刻划在相应的 E 位置上,即可从测尺(BC)上直接读出树高($B'C'$)值。

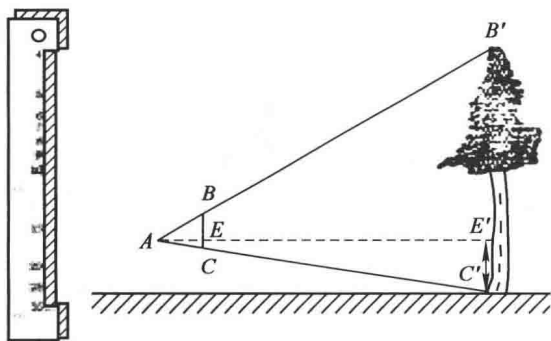


图 1-4 克里斯顿测高器测高原理示意

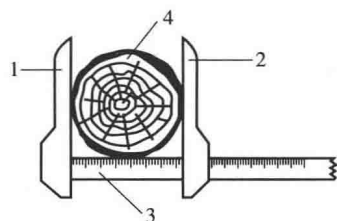


图 1-3 轮尺

1. 固定脚 2. 滑动脚 3. 尺身
4. 树干横断面

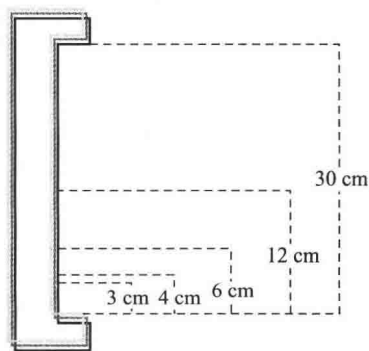


图 1-5 克里斯顿测高器及其刻度

(2) 使用方法

如图 1-5 所示,使用时,只需将二米测竿垂直立于树基部(或在树干上标出 2 m 高度),然后选择一个能同时望见树梢和树基及二米测竿顶部的地方,用大拇指和食指轻提仪器,让其自然下垂,与树干平行,屈伸手臂,使通过仪器上、下钩的视线正好卡住树梢及树基,保持仪器和头部不动,迅速瞄视测竿顶端,这时,视线所通过的仪器刻度值即为树干的全高。

这种测高器具有用法简单、携带方便、测高时不用量测水平距离等优点,对 16 m 以下的树木测定结果比较准确;但掌握不熟练时,可能出现较大的误差。

3.2.2 布鲁莱测高器

布鲁莱测高器结构简单、使用方便,是我国目前使用最广泛的测高器,其构造如图 1-6 所示。

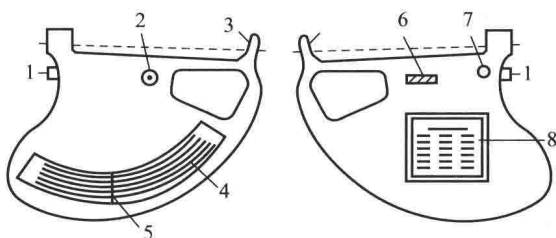


图 1-6 布鲁莱测高器构造

1. 制动按钮 2. 视距器 3. 瞄准器 4. 刻度盘 5. 摆针
6. 滤色镜 7. 启动钮 8. 修正表

(1) 使用原理

布鲁莱测高器是按三角函数原理设计的,本质上是一种测角器,通过正切函数关系测算树高(图 1-7)。测树高时,全树高 H 为:

$$H = AB \tan \alpha + AE$$

式中: AB ——水平距;

AE ——眼高(仪器高);

α ——仰角。

(2) 使用方法

在布鲁莱测高器的刻度盘上标有不同水平距离(15、20、30、40 m),对应不同仰角和俯角的树高值。测高时,首先选测某一水平距离,然后分别以下情况测算树高:

① 在平地上测高:测者立于测点,按下仪器按钮,使指针自由下垂,用瞄准器对准树梢后,即按下制动钮,固定指针,在刻度盘上读出对应于所选测水平距离的树高值,再加上测者眼高 AE ,即为全树高 H ,如图 1-7 所示。

② 在坡地测高:先观测树梢,求得 h_1 ,再观测树基,求得 h_2 。若 2 次观测角度正负号相异(仰角为正,俯角为负),如图 1-8(a)所示,则树木全高(H)为: $H = h_1 + h_2 = S(\tan \alpha + \tan \beta)$ 式中 S 为水平距离。若 2 次观测角度正负号相同,如图 1-8(b,c)所示,则全树高(H)为: $H = |h_1 - h_2| = S|\tan \alpha - \tan \beta|$ 。

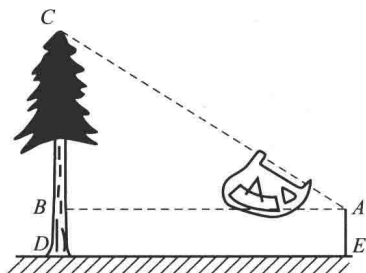


图 1-7 布鲁莱测高原理

这种测高器的优点是操作简单、易于掌握,在视角等于 45° 时精度较高;但需要量测树木至测点的水平距离。

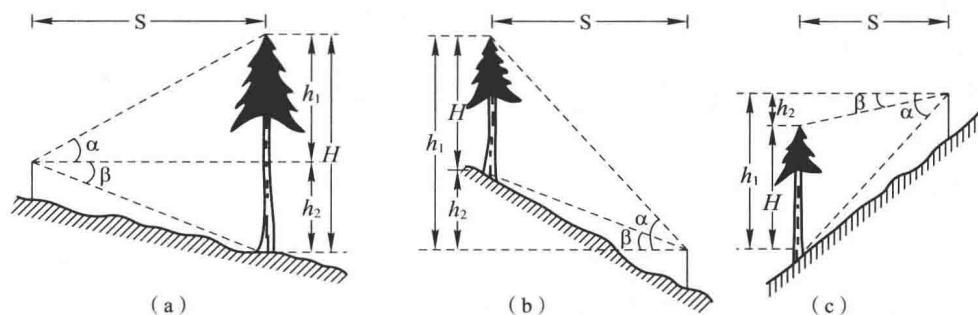


图 1-8 在坡地上测高

(3) 测高注意事项

- ① 测高时水平距离的量测一定要准确。
- ② 选取的水平距离应尽量与树高相同。
- ③ 测高时测高器应与地面保持垂直。
- ④ 测高时应准确对准树梢和树基部。

3.2.3 超声波测高器

超声波测高器(Vertex III)是在野外进行高度、距离和水平距离精确测量的理想仪器,测量结果精确可靠,已成为世界上野外测量工作的标准型仪器。超声测量系统的红色十字瞄准器可以保证在密集的丛林中和复杂的环境下获得精确的结果,可在 30 m 内的任意距离测量单个目标高度,并可记录该目标的 6 个不同高度值。

(1) 构造和性能

超声波测高器(Vertex III)由异频雷达收发机[图 1-9(a)]和测高器[图 1-9(b)]组

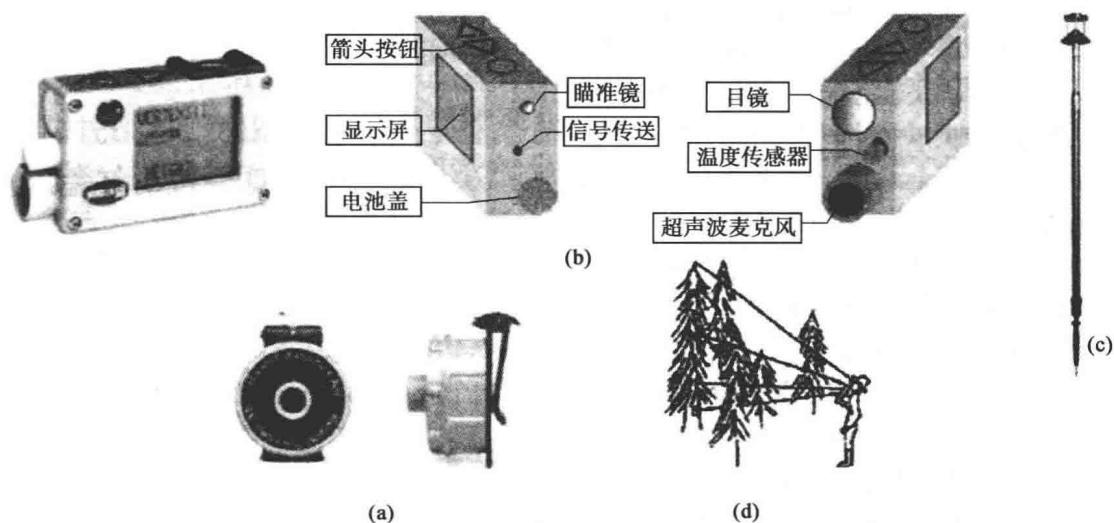


图 1-9 超声波测高器(Vertex III)的构造

(a) 异频雷达收发机; (b) 测高器; (c) 标杆; (d) 操作示意

成,另外,还有一个标杆[图1-9(c)]可供选用。其测定采用超声波原理,频率为25 kHz,使用异频雷达发射器定位,仪表超声测量,可自动计算出所测物体的高度、距离、倾角等参量。超声波测高器(Vertex III)是通过超声波信号发送与接收来获得准确的距离,高度是由距离和角度的三角函数关系计算得到的。

超声波测高器(Vertex III)的测高范围为0~999 m,测高误差为0.1 m;坡度测量范围为 $-55^{\circ} \sim +85^{\circ}$,测量精度为 0.1° ;测距范围为40 m,测距误差为0.01 m;使用环境温度为 $-15 \sim +45^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 功能键

超声波测高器(Vertex III)的功能键有2个箭头和1个确定键(即“ON”键)(图1-10)。

箭头键的功能:主要是旋转菜单和改变设定。另外当直接按下左侧箭头键时,将进入测距模式;同时按下2个箭头键,仪器关闭。当在25 s之内不进行任何操作时,仪器会自动关闭。

“ON”键的功能:开机功能,设定或获取测量数据时有确定功能。

在仪器内部观测到的十字架,可帮助快速瞄准目标,并在测高时帮助保持仪器平直以确保测量的精确。在可见度较好的情况下,对准目标时可以通过左箭头调整光线的强度。

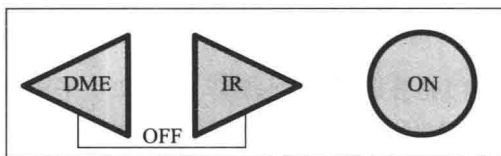


图1-10 超声波测高器(Vertex III)的功能键示意

(3) 影响超声波测高器(Vertex III)工作的环境因子

超声波测高器(Vertex III)是利用超声波来测量距离的,空气湿度、大气压、环境噪音以及温度等都会影响超声波的传播距离和范围。Vertex III内置的温度传感器可以测量环境温度并对由于温度变化引起的误差进行修正和补偿。

在很多情况下,50 m的距离测量完全没有问题;但是在个别情况下,机器的有效测量距离可能不超过30 m。为了提高测量精度,使用前应对设备进行校准。校准时,切记要给机器足够的时间与周围温度到达平衡。

举例:你包内的温度为 $15^{\circ}\text{C}/59^{\circ}\text{F}$,外界空气温度为 $-5^{\circ}\text{C}/23^{\circ}\text{F}$,你取出仪器直接测量的话,测量结果就会显示是10.40 m/34.00 ft,而不是正确的10.00 m/32.80 ft。由于温度差别引起的误差大约为 $2\text{ cm}/^{\circ}\text{C}$ 。

因此在校准时如果达不到温度平衡,这个测量误差就会长期带入到你的测量工作,直到你下次按照正确的方法校准。因此,需要注意以下几点:

- ① 定期检查设备并在需要的情况下重新校准。
- ② 不要触摸仪器前端的温度传感器(视镜和喇叭间的金属突)。
- ③ 在仪器没有和周围环境温度保持一致之前不要进行校准。
- ④ 在进行高度测量时,应尽可能地保持仪器垂直于水平面。

三角函数法计算高度基于2个角和距离,距离可以用皮尺手动测量;也可以通过T3异频雷达发射器测量;如果采用皮尺手动测量,应该在角度和高度测量之前将距离输入到仪器中。

(4) 超声波测高器的设置

按“On”键仪器开机后即可进入设置状态:SETUP(图1-11)。按任何一个箭头键选择需要设置的选项,再按“On”键确定。要改变参数按“ON”键,改变数值按箭头键。所有关于高度、距离、角度等参数的设置都在SETUP选项里。用户可以在metric(米制单位)和feet(英尺单位)、degree(度数单位)、gradients(梯度单位)、percentage(百分比)、pivot offset(支点偏移)、transponder height(异频雷达收发机高度)之间选择需要的单位。

菜单浏览

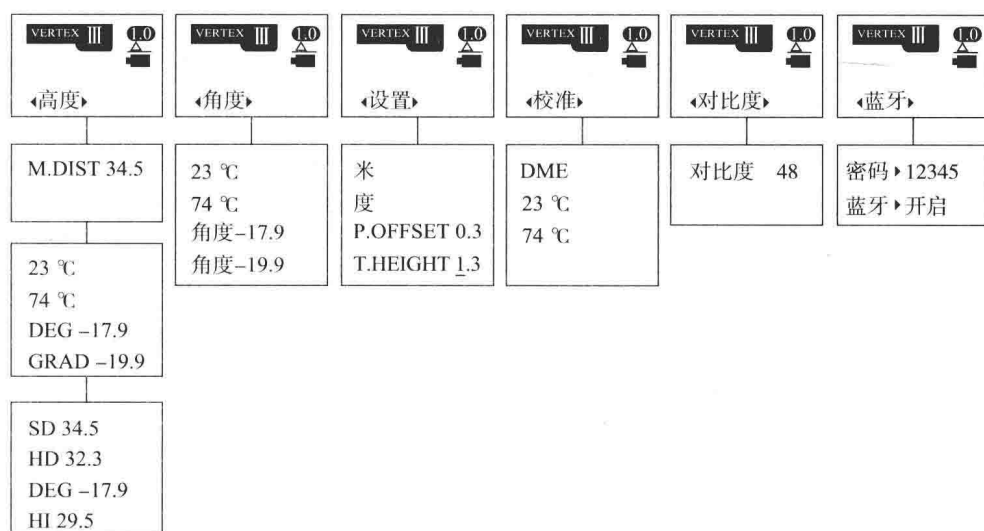


图1-11 超声波测高器(Vertex III)的功能菜单

米/英尺(METRIC/FEET):测高度和距离时,就要选择使用单位米(METRIC)或英尺(FEET)。用箭头键切换,用“ON”键确定。

度/坡度/百分比(DEG / GRAD / %):如果要测角度,就要选择使用角度 DEG(degree, 0~360)或百分度 GRAD(gradients, 0~400)或百分比%(percentage)等角度单位。用箭头键切换,用“ON”键确定。

支点偏移补偿(P. OFFSET,即 pivot offset):用箭头键切换,用“ON”键确定。测定单位为米/英尺。

支点偏移距离就是指假象点(在测高度时目光到被测点的直线的反向延长线与目光到异频雷达收发机的直线的反向延长线的交点,它位于观测者的脖子后面)到仪器前端的距离。通常设定为0.2~0.3 m(或1.0 feet)。

由于Vertex III假定Transponder T3所处位置为测高目标物的正下方(假设目标物为林木),因此物体半径应加入支点偏移补偿,这一补偿是为减少树顶误差。当测定树高时,为提高测定精度,建议加入所测林分平均直径的1/2。

标尺高度设定(T. HEIGHT,即 transponder height):用箭头键切换改变设定值,用“ON”