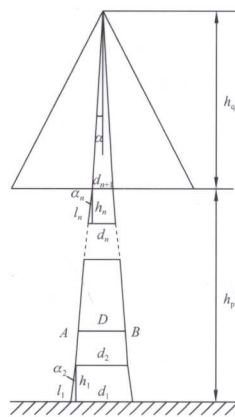


XIANDAI SENLIN CEDINGFA

# 现代森林测定法

王雪峰 陆元昌 编著



中国林业出版社

本书出版得到如下中央级公益性科研院所基本科研业务费专项及948项目的支持：  
多功能森林经营动态监测及数据集成技术研究(IFRIT201101)  
原野机器人苗木远程监测分析技术引进(2011-4-67)

# 现代森林测定法

王雪峰 陆元昌 编著



NLIC2970928732

中国林业出版社

## 内容简介

森林测定是森林经理学的一个分支,是从野外树木测定发展起来的一门应用性很强的学科,重点解决林木和森林相关的各类因子测定问题。

本书从实际森林测定角度,按林木状态、林木生存环境、复合因子次序逐个讲解了其所包含因子的测定方法和步骤,在介绍各因子的常规测定方法同时,给出部分主要因子测定的最新研究进展与思考;最后一章森林调查是前面几章内容的实际应用与综合,按样地设计、样地概况调查以及乔木、灌木、草本调查次序,讲解了森林经营单位内森林的调查监测方法与资源计算公式。

本书编写宗旨是服务当前野外森林测定、着眼未来测定发展方向,可以作为高等农林院校森林计测专业教材,也可供农业、林业、生态、环保等领域森林资源调查、树木测定方面的研究人员和调查员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

现代森林测定法 / 王雪峰, 陆元昌编著. — 北京: 中国林业出版社, 2013. 4  
ISBN 978 - 7 - 5038 - 7028 - 6

I. ①现… II. ①王… ②陆… III. ①森林 - 计测学 IV. ①S758

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 082395 号

---

出版 中国林业出版社 (100009 北京西城区德内大街刘海胡同 7 号)

电话 (010) 83225481

发行 新华书店北京发行所

印刷 北京华正印刷有限公司

版次 2013 年 5 月第 1 版

印次 2013 年 5 月第 1 次

开本 787mm × 1092mm 1/16

印张 8.5

印数 1000 册

字数 200 千字

---

# 目 录

第1章 总 论 .....	1
第2章 林木状态因子 .....	5
2.1 胸径 .....	5
2.1.1 卡尺测径 .....	6
2.1.2 围尺测径 .....	6
2.1.3 树木直径记录表 .....	8
2.1.4 完备直径系测量 .....	8
2.2 树高 .....	11
2.2.1 布鲁莱斯测高仪 .....	11
2.2.2 超声波测高仪 .....	12
2.2.3 使用 HEC 测高仪与测距仪配合测定树高 .....	14
2.2.4 使用 SUUNTO 测高仪与激光测距仪配合测定树高 .....	15
2.2.5 冠下高测定 .....	16
2.3 冠幅 .....	17
2.3.1 冠幅测定 .....	17
2.3.2 树冠测量发展方向 .....	18
2.4 郁闭度 .....	20
2.4.1 郁闭度测定法 .....	20
2.4.2 郁闭度分级 .....	24
2.4.3 郁闭度测定的几点讨论 .....	24
2.5 树木年龄 .....	25
2.5.1 树木年龄确定的破坏性方法 .....	25
2.5.2 微创法确定树木年龄 .....	26
2.5.3 无损法确定树木年龄 .....	27
2.6 树木生长量 .....	28
2.6.1 基本概念 .....	29
2.6.3 树木生长量测定法 .....	31
2.7 本章主要参考文献 .....	33
第3章 林木生存环境因子 .....	35
3.1 地貌 .....	35

3.1.1	中国地貌特征 .....	36
3.1.2	几个美丽的旅游地貌 .....	37
3.2	土壤 .....	42
3.2.1	土壤分类 .....	42
3.2.2	土壤层次 .....	44
3.2.3	土壤剖面挖掘与采样 .....	46
3.2.4	土壤养分 .....	49
3.2.5	土壤质地 .....	52
3.2.6	土壤结构 .....	53
3.2.7	土壤紧实度 .....	54
3.3	土壤动物 .....	54
3.3.1	土壤动物的生活基质采集 .....	54
3.3.2	土壤动物分离方法 .....	55
3.3.3	土壤动物直接采集法 .....	56
3.4	立地质量 .....	57
3.4.1	地位指数表编制 .....	57
3.4.2	地位级表编制 .....	60
3.5	生物多样性 .....	61
3.5.1	生物多样性关联的几个概念 .....	62
3.5.2	生物多样性调查因子 .....	63
3.5.3	调查方法 .....	64
3.6	本章主要参考文献 .....	64
<b>第4章</b>	<b>复合调查因子 .....</b>	<b>69</b>
4.1	材积 .....	69
4.1.1	近似求积法 .....	69
4.1.2	材积表法 .....	73
4.1.3	分段累积法 .....	74
4.1.4	立体视觉法 .....	76
4.2	生物量 .....	79
4.2.1	直接调查法 .....	80
4.2.2	模型法 .....	82
4.2.3	三维激光扫描仪法 .....	83
4.2.4	遥感反演法 .....	83
4.3	叶面积指数 .....	84
4.3.1	叶面积指数测定 .....	84
4.3.2	基于地面图像分析的 LAI 估算 .....	87
4.4	集成参数获取 .....	88

4.4.1	传感器选择	88
4.4.2	传感器标定	89
4.4.3	传感器野外布设	90
4.4.4	虚拟专用网络 (VPN)	91
4.5	本章主要参考文献	93
<b>第5章</b>	<b>森林调查</b>	<b>98</b>
5.1	样地设计	98
5.1.1	样地类型设计	98
5.1.2	野外设置方法	100
5.1.3	复测样地的复位	101
5.2	样地概况调查	101
5.2.1	坡向、坡度、坡位	101
5.2.2	灾害种类、程度、健康度	102
5.2.3	湿地类型	102
5.3	森林类别、林种与发展阶段	102
5.3.1	森林类别	102
5.3.2	林种划分	103
5.3.3	发展阶段	108
5.4	乔木层调查	109
5.4.1	编号	109
5.4.2	树种	110
5.4.3	方位角	110
5.4.4	距离	110
5.4.5	胸径	110
5.4.6	树高	111
5.4.7	冠下高	111
5.4.8	生活力 (活力)	111
5.4.9	层次	111
5.4.10	起源	111
5.4.11	损伤情况	112
5.4.12	干形质量	112
5.4.13	林木类型	112
5.5	灌木、幼树、幼苗、草本调查	113
5.5.1	幼树和灌木层	113
5.5.2	更新幼苗和草本层因子	114
5.6	监测与管理	115
5.6.1	森林经营监测设计基础	116

5.6.2 森林经营监测执行 ..... 119

5.7 资源计算 ..... 120

5.7.1 基本计算 ..... 120

5.7.2 经营单位级或定义的副总体（层）的特征参数计算 ..... 122

5.8 本章主要参考文献 ..... 123

后 记 ..... 127

# 第1章 总论

最近几年，到多个区域开展森林调查时经常被问到各种测树问题，如“这棵树快倒了，它没有到我的胸高位置，怎么测量胸径？”，“这种郁闭度测量方法太粗放，没有更加准确一些的测定法吗？”，诸如此类。开始时只是简单地回答调查员提到的问题，但是被问的多了，意识到现在需要一本指导野外树木测定的小册子。回来查找，没有找到既有常规测定方法又涵盖当今最新树木测定技术前沿信息的合适书籍。

近年来，森林测定技术取得了很大的发展，新仪器、新设备不断地推陈出新，产生了很多新的测定法；同时，人类需求以及环境的不断变化，使测定项目和内容也都在发生变化。从学科角度，森林计测是森林经理学和森林经营的基本内容，作为本专业的研究人员，编写一本既有学科前沿发展又能结合常规技术而承上启下的森林测定法书籍责无旁贷。

毋庸置疑，森林数据不仅为国家和各级政府制定经济和环境发展计划、方针、政策等提供依据，同时也是林业企事业单位制定经营计划的依据，而这些数据的获取离不开森林测定。尤其是在当今加强生态文明建设美丽中国的时代浪潮中，人们也急需一本森林测定方面的书籍来指导野外的测定工作，于是萌生了把几十年实际的野外测树经验和研究成果等整理成书的想法。

森林计测学是一门实用性很强的学科，涉及多种测定法。通常情况下，产生某一测定法后首先要在实践中进行验证，认为可行后才进行推广。本书提到的所有方法都在中国林业科学研究院热带林业实验中心等多个科学研究试验示范区内进行过应用试验和验证，效果良好。实际上，有些测定方法是首次在野外工作中使用感到不足又经过改正后再试并取得大家认可的结果。比如第5章星圆样地的设置就是在即便没有结果最后到现地进行实际验证并获得通过的一种方法，完备直径系列数据获取方法也是在野外经过一个多月的实际测定总结的结果。

如何测定森林？乍一看此问题有些难于回答，因为林木包含因子众多，不同因子测量方法各异。但是我们认真梳理一下，觉得这一问题还是可以回答的。

森林测定，基本可以总结为直接测量和间接测量两大类(图 1.1-1)。

直接测量就是利用测量工具能够直接获取最终的目的数据，比如卡尺测径直接得到树木直径数据；同样，测高仪测高，得到的结果就是树高。而间接测量往往并不是这种情况，大多是从某种仪器或设备获取的直接形态的数据出发，导算出其他需要的森林数据的过程，比如森林遥感影像是来自现实森林的直接数据，如欲得到该林分的郁闭度数据，则必须通过某种算法从影像中反演出来；再比如，三维激光扫描仪获得的林分空间数据是三



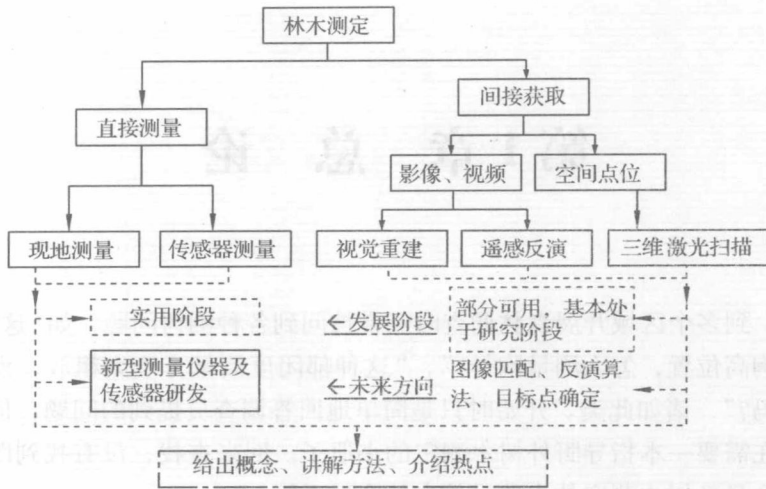


图 1.1-1 森林测定法、发展阶段及未来研究方向、本书结构

维坐标点云数据，而树高、直径等目标数据需要再经过进一步的计算和转换后才能得到。

新型测量仪器和传感器的不断研发改造，推动着直接测量向更加简单便捷的方向发展；而关于森林间接测量中的很多项目还停留在研究阶段，一旦技术难关得以攻破，则间接数据中目的数据获取的便捷性将是革命性的。以被动计算机视觉为例，如果机器能自动完成图像匹配、特征提取等工作，则根据两张图像就可以轻松估算树木直径、树高、树冠等多种信息。

另一方面，间接测量由于目标因子不同所需要的支持技术千差万别，欲彻底阐述清楚这一问题，则必须逐个因子进行说明。从第 2 章开始我们就来回答这一问题。

本书的写作思路是，主要考虑如何获取森林和林木的数据而不关注这些数据的具体用途。首先给出概念、定义，然后重点讲解成熟的测量方法，同时简要介绍热点研究以及发展方向，即遵从“服务当前野外森林测定，着眼未来测定发展方向”的原则。包括总论、林木状态因子、林木生存环境因子、复合调查因子以及森林调查五部分内容。

第 1 章介绍全书的基本内容和写作经历。

第 2 章林木状态因子测定，包括胸径、树高、冠幅、郁闭度、树木年龄、树木生长量的测定方法。①直径和树高是表述林木状态的重要因子，在可及范围内，人们通常采用直接测量方法得到林木直径和树高，而超出此范围的测定，基本采用测树仪器或其他方法获取。介绍了卡尺测径、围尺测径以及布鲁莱斯测高仪测高和超声波测高仪测高的方法，并重点讲解了完备直径系测量、记录方法以及使用 HEC 测高仪和 SUUNTO 测高仪与测距仪结合测定树高的方法。②冠幅与冠长是林木生活力的重要表现，一个干长较大而冠幅与冠长都较小的树木绝不是一个很健康的状态。根据是否考虑竞争空间给出了两种冠幅测量方法，并从发展角度介绍了地面三维激光扫描仪测定冠幅的步骤，提出冠下高概念以及测量注意事项，进而以此估算冠长。③郁闭度是反映森林结构和森林环境的一个重要因子，同时，它又与林木本身的生长状态直接相关，介绍了目测法、机械布点法、样线法、平均冠

幅法、树冠投影法等多种估算方法,最后提出了较准确的图像估算郁闭度方法。④树木年龄是反映树木状态的重要指标,对经营也有重要意义,介绍了树木年龄确定的破坏性方法以及微创法和无损法树木年龄确定。⑤林木生长量种类较多,各有不同的应用,从直接测定、间接测定和树木生长方程方面介绍了林木生长量的测定方法。

第3章是林木生存环境因子,林木生长受众对外在因素影响,其中最为重要而直接的有林木赖以生存的土壤环境与地貌特征,另外,它与周边物种等也会相互作用。本章主要介绍五方面内容:①地貌。不同的地貌造就了不同的环境,也因此适于不同的树种生长。首先从总体特征上阐述了中国地貌,然后给出了黄土地貌、风成地貌、岩溶地貌、丹霞地貌、海岸地貌、冰川地貌、火山地貌、峡谷、台地等几个典型的地貌②土壤,林木生长于土壤上,土壤结构、质地、营养等都直接关乎树木生长,因此,土壤分类、土壤层次、土壤剖面挖掘与采样、土壤养分、土壤质地、土壤结构、土壤紧实度等是野外调查的重要内容,本章简述了这些内容的调查方法。③土壤动物。生活于特定的土壤和森林中,同时它们反作用于森林与土壤。比如在同样土壤条件下的木麻黄和大叶栎林比较,大叶栎林内蚂蚁等小动物较多,经过一段时间后土质等变得疏松、营养成分也相对增加,利于树木生长;而木麻黄林小动物较少,落叶多年都难于分解;易见,这是土壤动物与森林相互作用的结果。介绍了陷阱法、引诱法收集土壤动物的直接采集法以及几种土壤动物分离方法等内容。④立地质量,是在某一立地上既定森林或者其他植被类型的生产潜力,好的立地质量会有更大的生产潜力,它是林木生存环境优劣的评价指标。衡量立地质量的方法很多,其对应调查法各异,本节介绍地位指数表和地位级表编制这两种林业上最常用的立地质量衡量指标。⑤生物多样性,放于本章是因为,一个具有生物多样性的生态系统,具有更大的活力及发展空间,它是林木生存环境能否具有稳定性和持久性的评价指标。首先引入原生林、外来物种侵入、遗传多样性、生物多样性测定尺度与两个常用多样性评价指标等概念,然后介绍了生物多样性调查因子林地面积、地形、树种组成、植物丰富度、生态系统类型多样性、植被垂直层谱的完整性、特有物种、外来侵入物种、受威胁物种、动物多样性等内容。

第4章复合调查因子,包括材积、生物量、叶面积指数、集成参数获取几部分内容。“复合”有“组合、综合、聚合”之意,本书有两种含义:一是“组合”,同时调查多个因子,如林分环境某时刻的光量子、二氧化碳、土壤水分、风速、空气温度等;另一个是把多因子综合在一起,引申为“复杂”、“繁杂”,直接测定这类因子比较困难或者工作量较大或者有破坏性,如立木材积、生物量、叶面积指数。①材积,直接测定存在困难,一般需要其他因子如胸径、树高等间接得到。介绍了材积估算中的近似求积法、材积表法、分段累积法等常规材积测定法,同时重点讲解了立体视觉法的材积估算流程以及计算公式。②生物量,首先是全部称重法,然后讲解了分别根、主干、枝、叶的部分生物量调查法,接下来是模型法、三维激光扫描仪法和遥感反演法估算生物量。尽管在遥感反演法中提到统计模型法、物理模型法、综合模型法三种方法,但是目前更多的是停留在林分水平上的研究阶段,直接通过遥感反演法获取单木生物量还是困难重重。③叶面积指数,是生态学中一个目前有很多不同定义和解释的调查因子,本书定义为单位林地面积上林冠中绿叶的单元

面积之和,显然,这是一个林分水平上的参数。介绍了方格法、落叶收集法、重量推算法、模型法、消光系数法和基于辐射的仪器测量法,最后提出了基于地面图像分析的叶面积指数野外图像获取与估算思路。④集成参数获取,是近几年来得到重视的物联网方法。包括传感器选择、传感器标定、传感器野外布设、虚拟专用网几部分内容。

第5章森林调查,是以获取森林整体信息为核心目的的测定法,对从样地设计、概况调查到乔木层、幼树、幼苗、灌木、草本调查,最后是监测与管理、资源计算等内容进行详细的说明。由于森林经营单位调查更加具有普遍性,所以,我们以此来设计森林调查内容,基本思路是,首先设计调查样地并根据现代调查发展需求及针对样地设计5张调查表,然后以填写表格次序讲解林内测定步骤,最后是监测设计和基本计算,从而完成一个森林调查的整体过程。①样地设计,设计了适于发挥现代测树工具优势的星圆样地,它兼顾了圆形样地的高效性和矩形样地的普适性,有很大的推广空间。详细介绍了样地类型设计原则、野外布设方法和样地复位方法。②样地概况调查表,有两张表,一个是以选择性为主的调查卡片,包括土地权属、林权、地貌类型……线状地物、土地种类等30个大类,其中重点讲解了灾害种类与程度、湿地类型、健康度、森林类别、林种与发展阶段等内容;另一个是土壤调查表,土壤种类、土壤质地、土壤紧实度、土壤成土母岩、土壤侵蚀程度等均以选择形式给出。由于全国各地的土壤种类等并不相同,因此,这个表更多的是一个事例,实际使用时要更换成当地的土壤信息。之所以做成选择性表格,是因为我们的设计理念是尽可能减少野外调查员工作量和增加信息的准确性,所以,能选择的项目绝不填写。③乔木层调查,即每木调查,除了常规的编号、所处层次、树木起源、树种名称、胸径、树高、冠下高等调查项目外,增加了方位角、距离、生活力、损伤情况、干形质量、林木类型等内容。④幼树、幼苗、灌木、草本调查,有灌木、幼树和幼苗、草本两张表格。由于幼苗与森林经营息息相关甚至关系着未来森林走向,因此,把幼苗单独拿出来作为一项内容调查。⑤监测与管理,对两类情况有参考价值:一个是对现今野外调查的监督与管理,另一个是对未来森林状态的监测与管理。内容包括监测的指标、准备工作、监测设计注意事项以及执行监测时人员的训练、时间安排、组织管理。⑥资源计算,首先给出了每公顷林木株树、胸高断面面积及每公顷蓄积等基本计算公式,然后是森林生长量和经营单位级特征参数计算法。

本书涵盖了森林调查测量中的绝大多数林木和林分因子,并按照林木状态因子、林木生存环境因子、复合调查因子、森林特征因子等类型来组织全书的论述。除了森林调查一章用到前面的各章内容外,其他几章并不存在必然的因果关系,因此,读者不必拘泥本书的章节顺序,可以用到哪里查阅哪里,把本书作为一本森林测定的参考手册是合理的。

## 第2章 林木状态因子

表述林木状态的因子很多,本章主要介绍胸径、树高、冠幅、郁闭度、树木年龄、树木生长量等主要因子的测定方法。

第一节胸径,包括卡尺测径、围尺测径、完备直径系测量等内容。介绍了常规的测量方法以及树木直径记录表的记录方法,并对实际测径可能遇到的各种情况作了规定,重点讲解了用激光测树仪获得完备直径系的测量方法。

第二节树高,包括布鲁莱斯测高仪测高、超声波测高和与测距仪配合 HEC 及 SUUNTO 的测高方法。野外测定简易起见,提出了冠下高概念以代替容易产生歧义的枝下高。

第三节冠幅,首先介绍了考虑竞争空间和不考虑竞争空间的树冠测定法,然后给出了地面三维激光扫描仪测定冠幅的基本方法和由高分辨率影像恢复树冠大小的思路。

第四节郁闭度,介绍了目测法、机械布点法、样线法、样点法、平均冠幅法、树冠投影法、间接计算法、图像抽取法等八种测定法,同时对传统的郁闭度分级和郁闭度测定时间等问题作了简单介绍。

第五节树木年龄,首先是对树木有破坏性的年轮查数法,然后通过生长锥、针测仪、碳十四、CT 扫描等微创法确定树木年龄,最后是无损确定树木年龄的目测法、经营档案法、生长量法和轮生枝法。

第六节树木生长量,前面介绍了总生长量、定期生长量、平均生长量、定期平均生长量、连年生长量、进界生长量、进阶生长量、树木生长率的概念,之后给出了直接测定、间接计算和由生长方程得到树木生长量的方法。

### 2.1 胸径

胸径是地面上 1.3m 处的树干直径(图 2.1-1),在材积计算、决策分析等各种应用研究中都是最重要因子。胸径测定通常使用围尺、卡尺等测树仪器,近年来出现了内置垂直角传感器的激光测树器,在一个已知距离处能够采集到树干任何部位的直径。

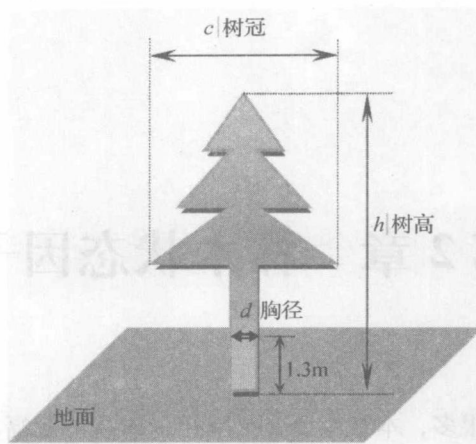


图 2.1-1 胸径、树高、树冠示意图

### 2.1.1 卡尺测径

卡尺又叫轮尺，有金属和木质两种，尺子起始端与一固定脚相连保持不动，另外一脚不固定，可以在尺子上滑动(图 2.1-2)。测定时持卡尺与树干垂直，然后使卡尺两个边缘与树干密接，读数到毫米。

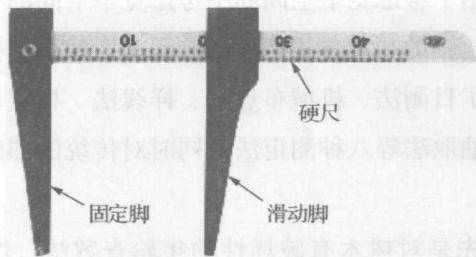


图 2.1-2 轮尺

使用卡尺测径一定要使尺子与树干垂直，同时要读数后再取下尺子。

### 2.1.2 围尺测径

围尺(图 2.1-3)又称作直径卷尺，优点是携带方便且测定值比较稳定。根据材料有布围尺、钢围尺等之分，采用单面上下(或双面)刻画，下面刻普通米尺，上面刻上与圆周相对应的直径读数，一般长 1~3m。测量时用围尺包围距离地面 1.3m 处树干，保证围尺平面与树干垂直拉紧，围尺上与 0 相重合的数字即为该树的胸径，读数到毫米，如图 2.1-3 树木胸径是 19.8mm。

由于在周长相等的平面中，以圆的面积为最大，而树干横断面很少是正圆，所以用围尺量树干直径换算的断面积一般偏大。

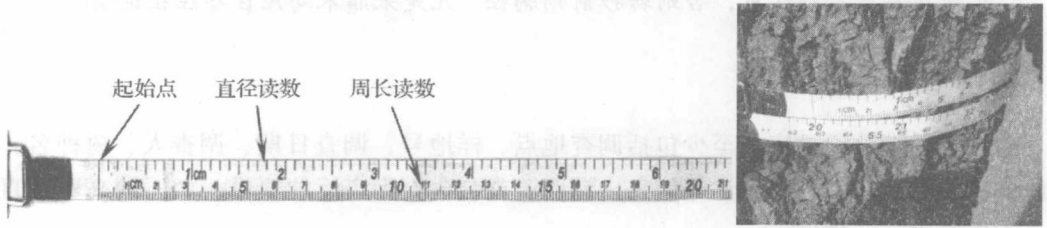


图 2.1-3 围尺

胸径测量注意事项:

- 如果地面不平, 站在坡上测量(图 2.1-4a);
- 倾斜以斜距为准(图 2.1-4b);
- 如果树干不圆, 测量东西、南北两向胸径, 取平均值后作为该树最终胸径;
- 分叉树: 如果分叉部位在 1.3m 以下按 2 棵树处理(图 2.1-4d); 否则按 1 棵树来操作(图 2.1-4c);
- 树木簇: 各林木单独处理(图 2.1-4e)。
- 胸高处有节疤突出或长有瘤的, 应在节疤以上 20cm 处检尺(图 2.1-4f), 并备注说明。
- 样木处于陡岩等危险地段, 无法直接测量, 可以通过激光测树仪器测定; 如果没有非接触性测定仪器, 当能明确判定处于样地内者, 可目测胸径, 并在备注栏说明。
- 采脂木: 对于新设样地, 仍在 1.3m 处检尺; 对于复位样地, 在 1.3m 处检尺时若

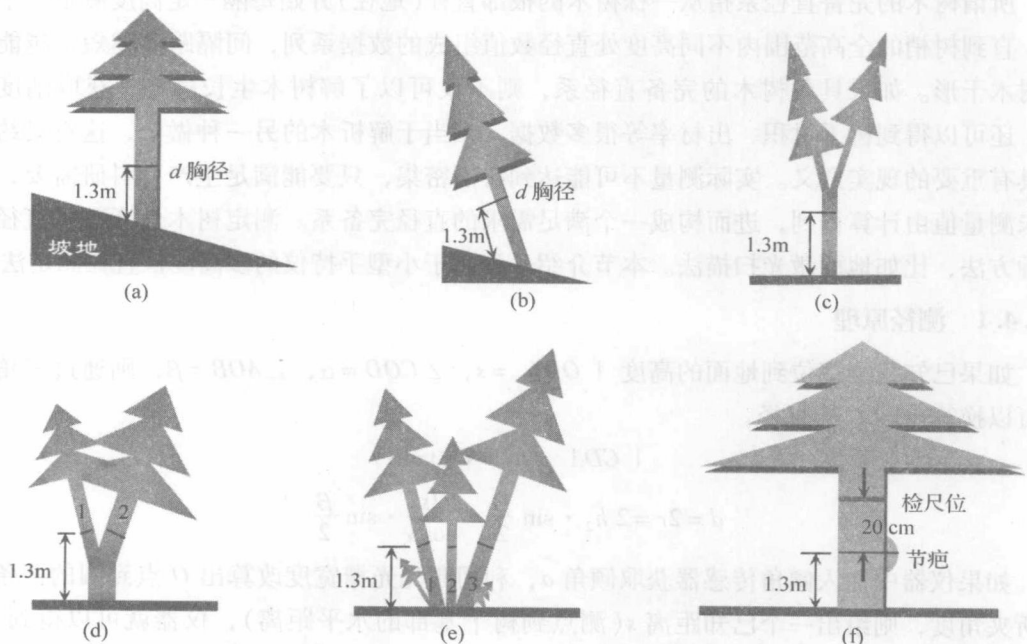


图 2.1-4 胸径测量中的几种特殊情况

大于前期胸径则认可，否则转抄前期胸径。凡是采脂木均应在备注栏说明。

### 2.1.3 树木直径记录表

树木直径野外记录表，至少包括调查地点、样地号、调查日期、调查人、树种名、南北向胸径、东西向胸径、备注等信息。深度调查包含更为广泛的项目，如不同高度处直径等，下表给出一个样例。

表 2.1-1 树木直径记录表

调查地点：白云试验场 样地号：58 调查日期：2013-2-16

调查人：王强、张倩

编号	树种名	...	南北向胸径 (mm)	东西向胸径 (mm)	平均胸径 (mm)	备注
1	马尾松	...	125	137	131	
2	格木	...	152	148	150	胸高处有节疤，此值为节疤以上 20cm 处直径
3	...	...	$d_1$	$d_2$	$(d_1 + d_2)/2$	
$n$	...	...				

### 2.1.4 完备直径系测量

所谓树木的完备直径系指从一株树木的根部直径(地径)开始每隔一定高度测量一个直径，直到树梢的全高范围内不同高度处直径数值组成的数据系列，间隔距离越短，越能反映树木干形。如果具备树木的完备直径系，则不仅可以了解树木生长过程、获取削度方程，还可以得到树干材积、出材率等很多数据，相当于解析木的另一种做法，这对集约经营具有重要的现实意义。实际测量不可能达到特别密集，只要能满足生产、科研需要，其他未测量值由计算得到，进而构成一个满足需求的直径完备系。测定树木任意部位直径有多种方法，比如地面激光扫描法。本节介绍一种基于小型手持仪的多高度位直径测定法。

#### 2.1.4.1 测径原理

如果已知待测部位到地面的高度  $|OD| = s$ ， $\angle COD = \alpha$ ， $\angle AOB = \beta$ ，则通过三角函数可以换算出圆  $C$  的直径。

$$|CD| = h_1 = s \cdot \tan\alpha$$

$$d = 2r = 2 h_2 \cdot \sin \frac{\beta}{2} = \frac{2s}{\cos\alpha} \cdot \sin \frac{\beta}{2}$$

如果仪器中加入倾角传感器获取倾角  $\alpha$ ，利用激光光栅宽度改算出  $O$  点到圆的两条切线所夹角度，则给出一个已知距离  $s$  (测点到树干基部的水平距离)，仪器就可以得到  $CD$  间的长度和圆的直径(树木待测部位直径)。这就是目前很多激光测树器测定树木任意高度处直径的工作原理。

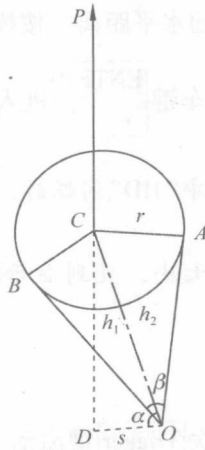


图 2.1-5 非接触测径原理图

#### 2.1.4.2 激光测树仪测径

下面以快特能(CRITERION) RD1000 测树仪(图 2.1-6a)为例,说明测量单棵树木任意高度位的直径的方法。

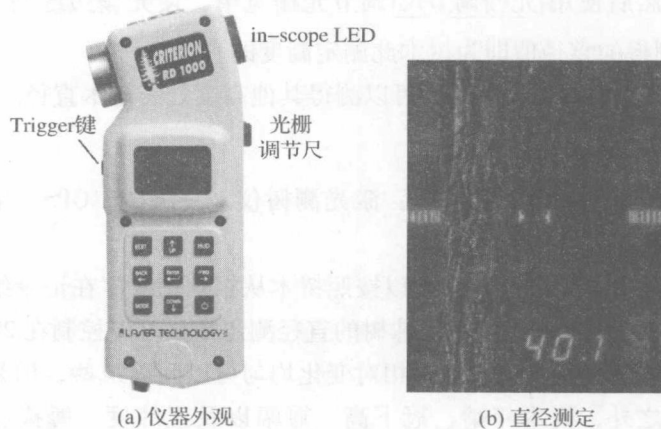


图 2.1-6 CRITERION RD1000 测树仪

##### (1) 选择合适树木测点

基本要求:测点选择在能够通视树木全体,且最好与树木基部在同一等高线上。




测点到树木的水平距离:测点到树木的水平距离大小与仪器可以测量的最大直径有关,水平距离越大则仪器可以测定的树木直径越大,通常情况下,测点到树木的水平距离保持在 10m 就可以满足绝大多数情况下的实际应用。根据图 2.1-5 的原理图,水平距离是从树干中心起算的,所以实际测树时测点要向树的方向移动(基部直径/2)的距离。



##### (2) 把仪器固定在三角架上。

(3) 开启测树仪。按开关“”约 2~3s,快特能测树仪即被开启。



(4) 向仪器输入测点到树木中心的水平距离。按模式键 **MODE** 调入 Diameter 模式，手动输入测点到树木的水平距离，按回车键  进入下一步；

手动输入水平距离方法：显示屏中“HD”闪烁时，按编辑键 **EDIT**，然后利用增加  或者减小  按钮调节水平距离大小，直到显示距离与实际距离一致后，按回车键  后输入完毕。

(5) 给出树高的参考原点。按一次 **Trigger** 键激活 in-scope LED。in-scope LED 激活后，里面出现“BASE”以及红色光标 ，按住 **Trigger** 键同时调整测树仪，使  对准树木基部后松开，此点作为树高的参考原点。

(6) 测径。再按 **Trigger** 键不松开，同时从树的基部开始向树干的任意部分移动，in-scope LED 里所显示的高度值随着移动而变化，达到待测树高位的高度后，松开 **Trigger** 键，固定此位置，然后使用 **光栅调节尺** 调节光栅宽窄，使光栅边缘与树干两侧相切(图 2.1-6b)，则此时测得的直径值即为树木此测定高度的直径。

(7) 解除固定状态，重复步骤(6)，可以测得其他高度处的树木直径。

### 2.1.4.3 外业工具与记录表

完备直径系测量可能用到的工具有：激光测树仪、三脚架、GPS、生长锥、围尺、皮尺、测高仪、激光测距仪等。

记录表格主要是各高度位直径，可以按照树木从根到梢次序在记录纸上从底部开始向上记录，这样便于检查(表 2.1-2)。每株树的直径测定数量可以控制在 20 个以内，下边树木直径变化大可以间隔密集一些，上边相对变化均匀可以间隔疏些，但是根茎、胸径和树高必须测量。除此之外，树木年龄、冠下高、冠幅以及经纬度、海拔、坡度、坡位、坡向、土壤、生活力、层次、林分类型也需要记录，这样便于日后应用中寻找到更加具有代表性的树木。

表 2.1-2 完备直径系外业测量表

调查木基本信息				
树号		生活力		东经(°)
树种名		层次		北纬(°)
年龄(年)		林木类型		坡度(°)
冠下高(m)		土壤名称		坡位
冠幅(m)		海拔(m)		坡向