

森林材积估测和 收获预估

卷 1 — 材积估测



森林材积估测和收获预估
卷1 — 材积估测

法国，热带林业技术中心

F. 凯利茨 著

联合国粮食及农业组织

罗马 1980

本出版物中所使用的名称以及材料的编写方式，并不意味着联合国粮食及农业组织关于任何国家、领土、城市或地区或其当局的法律地位，或者关于其边界或界线的划分表示任何意见。

M-35

ISBN 92-5-500923-0

本书版权属于联合国粮食及农业组织。未经版权所有者书面许可，不得以任何方法或程序全部或部分复制本书。申请这种许可应写信给联合国粮食及农业组织出版处处长，并说明复制的目的和份数。地址：Via delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy.

© 1980年 粮农组织

前 言

估测树木和林分材积的能力以及在不同立地上根据特定育林措施预估森林将生产些什么的能力，是与林业有关的一切规划程序的中心问题，对此，在森林经理人员之间可能没有什么争议。然而，对于“收获”是由什么构成，如何进行估测，以及如何设想其未来，却有着相当大的分歧。

本书的目的就是介绍树木和林分材积估测及森林收获预估这一领域内目前的一些常规做法，希望对那些负责材积估测和收获预估工作而又尚未利用过这方面广泛经验的人多少有些实用价值。

但必须知道，这是人们正在努力探索的领域，目前处于快速发展状态，尤其是在热带环境下森林生长方面。因此必须认为本书所述一切是暂时性的，对可能出现的特定情况要作进一步改进，或者可能发展出新技术，同时，可能存在着本书未提到的别的技术，它们对特定目的可能是优越的。

因此，从实际意义上来说本书并不是规程，说得确切些，它是一套工作程序选择的指导性准则，并有某些具体情况下计算技术的详细说明。

本书主要针对热带地区编写的，对天然和人工森林都适用。由于评估天然混交异龄林的生长和收获有巨大困难，本书介绍的建立生长模型的方法主要用于同龄林。对复杂林未作专门说明，只对处理这种问题的可能途径列举了一些例子。

本书共两卷。第一卷是叙述树木量测及树木和林分材积评估的技术，第二卷是介绍生长和收获预估有关统计和数学方法、选用的统计表、计算和数据记载的空白表以及参考文献，可见附录。

第一卷由法国马恩河畔诺浪热带森林技术中心的弗朗西斯·凯利兹编写，第二卷以及附录由英国牛津英联邦林学会的丹尼斯·奥尔德编写，瑞典乌普萨拉瑞典农业大学的耶兰·弗里埃斯对全书作了协调整理。粮农组织森林资源处的琼-保罗·兰利和卡恩·迪尤·辛格对本书编写提出了方案和指导。热带森林技术中心的琼·克莱门特参加了本研究的初期阶段。

在1979年9月牛津举行的国际林业研究机构联盟S 4.01专题小组（测树、生长和收获）会议上曾对本书初稿作过介绍，并花了一整天时间进行了讨论。参加

会议的有粮农组织专门邀请的热带林测树专家，他们对本书内容作了详细而严格的审阅。此外，还把本书寄给一些专家以征求他们的意见。有关作者再根据这些专家的评论对本书进行了修订。

作为热带林业领域内第一部这样的著作，本书在很大范围内有进一步改进和补充的余地。特别是就混交异龄林分而言，还急需进一步补充研究。有关这方面的一切建议都将受到极大重视。

林 业 司

助理总干事

M. A. 弗洛里斯·罗达斯

目 录
-:-:-:-

第 一 部 分

	页 次
0 绪 论	1
1 树木材积可以有不同的定义	2
11 有关的实体是指什么?	2
12 人们对这个实体的哪部分感兴趣?	2
121 横截面的粗度	2
122 横截面的形成——例子	3
122.1 伐采点	3
122.2 树冠基部	3
123 横截面的质量	3
13 毛材积的一些例子	3
14 关于可用材积	5
2 树木材积的直接测定	6
21 立木测定	6
211 粗度(直径或围长)的测定	6
211.1 基准直径和基准围长的定义	6
211.2 立木直径测定通常作法	8
211.21 用轮尺测直径	8
211.211 一般轮尺	8
211.212 芬兰轮尺	9
211.22 用卷尺测围长	10
211.23 在小高度测直径的规尺方法	11
211.231 规尺的制造	11
211.232 操作方法	13
211.24 惠勒五角棱镜轮尺	13

	页次
211.25 用毕特里希速测镜测直径	14
212 树高测定	19
212.1 定义	19
212.2 立木测高	19
212.21 某些测树器	19
212.211 易于制造的两种测器的原理	19
212.212 五种商品测树器	22
212.22 实践中应注意之点	25
213 皮厚测定	28
22 伐倒木测定	29
221 长度测定	29
222 粗度测定	29
223 去皮或心材直径的准确测定	29
224 堆积材的测定	29
23 从树木测定值直接计算该树材积	31
231 计算方法	31
232 按照所需材积对测定项目的建议	35
233 例子	36
24 树干形状的研究	39
241 用系数度量树干形状	39
241.1 定义	39
241.2 如何测算 f 或 f'	41
242 用削度曲线方程表示树干形状	43
242.1 两种曲线——比例问题	43
242.2 用计算方法拟合削度曲线	45
242.21 原理	45
242.22 例子	48
242.221 四个测点——拟合一个三次多项式	48

242.222	四个测点, 分成两个分段并对每段拟合曲线	48
242.223	三株具有三次多项式的树干平均纵断面描述	51
243	树冠测定	55
3	林分材积的间接测定: 塔立夫	59
31	原理和定义	59
32	自变量的选择	61
33	用塔立木估计林分材积的程序	62
34	编制塔立夫的样本选取	62
341	树木塔立夫	62
342	林分塔立夫	64
35	用收集的数据编制塔立夫的不同方法	64
351	直接方法	64
352	图解法	65
353	统计学方法——回归分析	65
353.1	关于回归模型的选择	65
353.11	模型的简单性	66
353.12	关于估计 V 的函数而不是估计 V 本身的模型	67
353.13	分段拟合模型	67
353.14	回归是加权还是不加权?	71
353.15	如何评定一个回归的质量	72
353.2	例子	73
36	关于去皮材积	84
361	皮厚和直径	84
362	带皮材积——去皮材积	85

	页次
362.1 树皮商	85
362.2 带皮材积换算为去皮材积	85
4 可用材积估测	87
41 在热带乔林所用方法的例子	87
411 数据收集	87
412 数据分析	89
42 用塔立夫估计可用材积	90
简略参考文献	93

0 绪 论

如何测定树木和林分的材积？本书的第一部分打算回答这个问题。

这个题目之所以值得研究，实际上有两个主要原因：

- 这个问题本身不象它所提出的那样简单和清楚；它需要尽可能精确地确定所需材积的性质：这要看人们所感兴趣的是木材生物量、大树干材积、锯材材积还是其他……。
- 一旦确定出所需要的材积后，就要定出测定方法；这个领域内的常规方法是非常古老而又多种多样的，重要的是力求把这些方法统一起来，以便能够对不同国家由不同的人所作的估计进行有效的对比。

由于本书是指南性质，所以重点是放在最常用的方法上，而没有提到只有设备好的研究所才能利用的那些先进技术（昂贵的测树仪的应用、在航空照片上测定材积、等等……）。

此外，本书主要是为热带国家林业工作者编写的，这些国家木材利用的主要问题是作为燃料以及作为原料供应制材厂和胶合板厂，或用于生产纸浆。至于森林的其他利用（副产品收获如栓皮、森林饲料利用等等……），在上述产品测定方面构成专门问题，因此本书未加讨论。

在定出最重要的材积类别以后，接着叙述收集数据的过程和所用的计算方法。

本书的第一部分可以认为是测树学的入门，也可以编入森林调查手册；每一个承担这方面工作的人都能看懂这一部分。

1 树木材积可以有不同的定义

人们一直在谈论的材积必须有非常精确的定义。为此必须回答以下两个问题：

- 有关的实体是指什么？
- 人们对这个实体的哪部分感兴趣？

此外是详细说明如何算出该实体的材积；出现这个问题是因为实际材积很少能得到精确测定（是根据把实体浸入桶中后所排出的水的体积进行计算的）。估测这种精密材积的方法见§23。

现在让我们回到这两个问题上来。

11 有关的实体是指什么？

它可能是 —— 树干：指树木从干足到顶芽的主干部分。对于分叉树，传统上是把最高的芽看作顶芽。

- 枝条
- 根
- 树：树干 + 枝条 + 根

要说明是否包括树皮。

12 人们对这个实体的哪部分感兴趣？

实体的范围是从下横截面（在大头）到上横截面（在小头）。每个横截面的位置可用几种办法确定。

121 横截面的粗度

以下是这种上横截面粗度的三个例子：

- 截面直径是0厘米，这意味着上限是树干或枝条实体的端点。因而叫做“总”材积。
- 截面直径是7厘米，这是最常用来划出小枝的界限，小于7厘米的小枝是大量的，难以测定并很少有人感兴趣。这个7厘米是“大材”材积的上截面。

— 可能还有其他尺寸的横截面：例如 5 厘米直径的截面常被用作纸浆材材积的上横截面。

122 横截面的形成 —— 例子

122.1 伐采点：可定义为在最优开发条件下从森林中采伐树干的基部（损失最少量可能利用的材积）。对于无板根树，其位置一般是在地面以上 10 到 50 厘米高处；如果这个位置没有详细规定，可以设想定在地面以上等于树高百分之一的位置。对于有板根或气根树，伐采点是在板根或气根的上端（通常这个位置高于采伐高）。

122.2 树冠基部：是树冠明显分叉的部位。

凭着这两个横截面人们就可以定出：

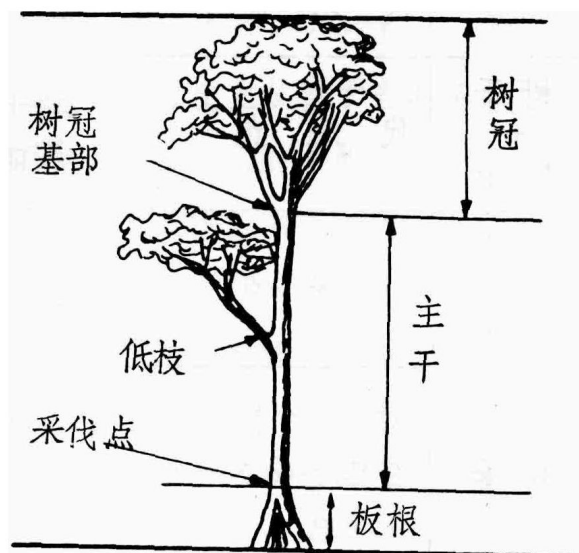
主干：伐采点到树冠基部这段树干。

低枝：着生在主干部位的枝条。

树冠：树冠基部以上树干 + 着生在树冠基部以上的枝条。

123 横截面的质量

人们常常提到例如切截面、锯截面、柱材或杆材截面等等的概念……，这些概念显然相当难以理解，因为它们包含了形态和粗度的概念，并且和当时的技术和商业实践密切相关。



13 毛材积的一些例子

前述表明，对一株树来说，人们可以定出几乎无限种类的材积。下表是一些例子，按照它们测定方法的复杂性的递增顺序排列，前三种是最常用的。

实 体	下 横 截 面 (在大头)	上 横 截 面 (在小头)	材 积 名 称
主 干	伐 采 点	树冠基部	主干材积
树 干	伐 采 点	横截面 $D = 7$ 厘米	大材树干材积
树 干	伐 采 点	实体顶端	树干总材积
树 干 + 低 枝	对于树干: 伐 采 点	对于树干和每个低枝: 横截面 $D = 7$ 厘米	树干 + 低枝的大材材积
树 干 + 枝 条	伐 采 点	树干和每个枝条的 实体顶端	地面以上的总材积
树 干 + 枝 条	伐 采 点	树干和每个枝条的 截面 $D = 7$ 厘米	地面以上大材材积
枝 条	对于每个枝条: 在树干或枝条上的 着生点	每个枝条的实体顶端	枝条总材积
枝 条	同 上	每枝条截面 $D = 7$ 厘米	枝条大材积
树 冠	对于树干: 截面 $D = 7$ 厘米 对于每个枝条: 在 树干上的着生点	树干和每个枝条的 实体顶端	树冠总材积
树 干 + 枝 条	地 面	树干和每个枝条的 实体顶端	地面以上木材总生物量
树 木	树干、枝条和根的实体顶端		树木总木材生物量

每次都要说明材积是带皮还是去皮并指出材积是如何算出的。

14 关于可用材积

前面所说材积是毛材积。如何估测其相应的可用材积将需要进行大篇幅阐述，本书无法讨论。这个题目确实困难，而且远未被解决。

困难有几种：

- 必须了解现在和未来的木材用途（胶合板、平切材、锯材、电柱、纸浆材、薪炭材、木片材 ……）。
- 对每一种用途，必须详细了解木材将受到的一系列处理（采伐、集材运材系统、工业加工 ……）。
- 这些处理所要求的不同限制性条件必须用可测数据表达出来（长度、直径、圆柱性、偏心度、树干弯曲度、容许缺陷 ……）。

因此，把毛材积转换成可用材积的方法在很大程度上从属于当地条件和可得到的资源。我们只能提出一些想法并请读者去参看专门的手册。

- 林业工作者在调查期间收集的数据（立木或伐倒木观测值）只能提供一些假定适合这样或那样用途的材积。在伐木公司和木材加工工业中进行的调查主要是确定出从毛材积转换成可用材积的精确换算系数。具体例子可见第 41 节。

- 即使材积估测是按明确目的进行的（例如纸浆厂后备资源），所收集的数据也应能够估计别种材积，因为木材的最终目的和（或）采伐者及厂商的需要将来都可能改变。

- 优先考虑毛材积估计并把可用材积估计作为专门任务。

2 树木材积的直接测定

按照所需材积的种类，量测值的数量不同。由于树木不同部分（树干、枝条）决不是已知的完全几何体形，如圆柱体、圆锥体等……，因而原则上是测定每株树干不同高度处的直径，并从这些量测值计算出材积；当然，量测的直径数量愈多，算出的材积也愈准确。显然，量测伐倒木要比量测立木容易和准确，因此，本章的编排是：

§ 21 立木测定
§ 22 伐倒木测定 } 根据这些量测值计算材积：§ 23

21 立木测定

211 粗度（直径或围长）的测定

树木的大小传统上是由以下诸值表达：基准直径、基准围长、断面积。测出直径和围长，按正圆公式求出断面积：

$$\begin{aligned}\text{断面积} &= \frac{\pi}{4} (\text{基准直径})^2 \\ &= \frac{1}{4\pi} (\text{基准围长})^2\end{aligned}$$

因此，断面积是个约定值，据此可以算出基准横断面的近似面积。精确知道这个断面积值对立木来说实际上是不可能的，而对伐倒木则需用求积仪。

211.1 基准直径和基准围长的定义

在所有可测定的直径和围长中，基准直径和基准围长起着主要作用。

对立木，这种直径（或围长）的量测是在：

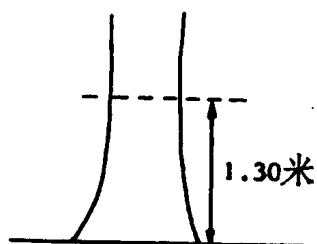
- 地面以上 1.3 米（4 英尺 3 英寸），这是指无板根或板根和气根高度低于 1 米的树。这个基准直径传统上称为胸高直径。采用 1.3 米是为了避免这种模糊不清的表达，并注意量测高度不要取决于操作人员的高度。
- 板根或气根顶端以上 30 厘米，如果板根或气根高于 1 米的话。

如果不在地面以上 1.3 米时，这个高度应记载下来。

下面说明确定基准直径实践中出现的一些情况。

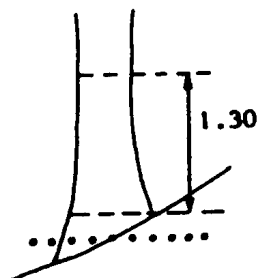
基 准 直 径

平 地



直树，无板根
和气根，或其
高度低于1米。

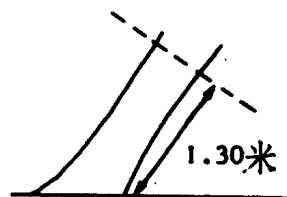
坡 地



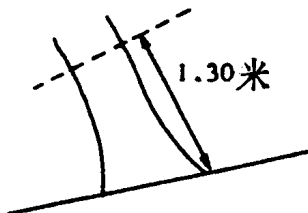
通常树基标在水平
位，如图中圆点位置。
出于实际原因，量
测是取上坡1.3米。

倾 斜 树

1.3米的长度必须与树干平行而不是垂直量测。量测的横断面必须与树干轴垂直而不是水平量测。

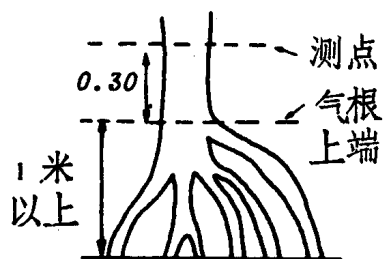


在树干的下斜
面 1.3 米处量
测



在上坡沿树干
1.3 米处量测

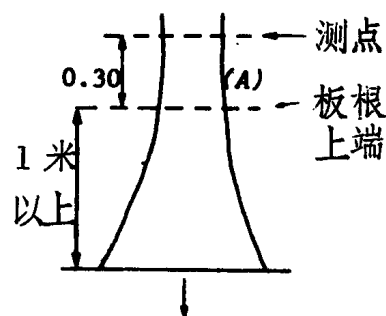
气根高于1米的树



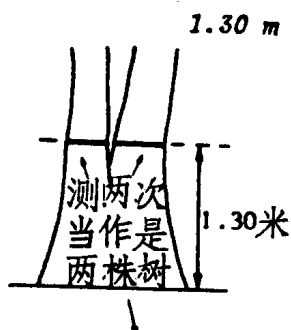
板根高于1米的树

从适当的距离观测树，以便良好地
估计高度(A)。

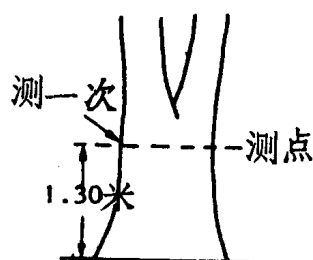
1米以上，
一般低于
6米

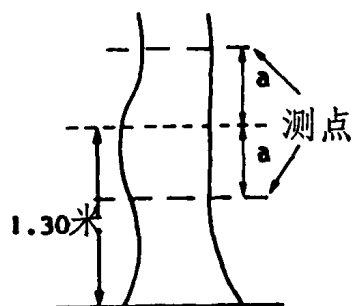


分 叉 树



分叉点
低于 1.3 米 高于 1.3 米



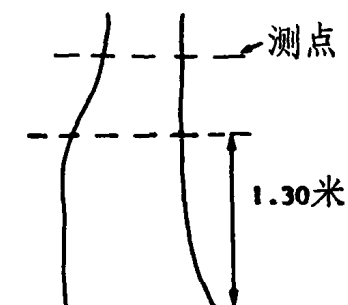


1.3 米处不规则 (节、隆起、畸形等)

要在畸形位置之外量测

如果可能, 从 1.3 米向上和向
← 下等距离处量测两次取平均值。

有时可能只有一个测点。 →

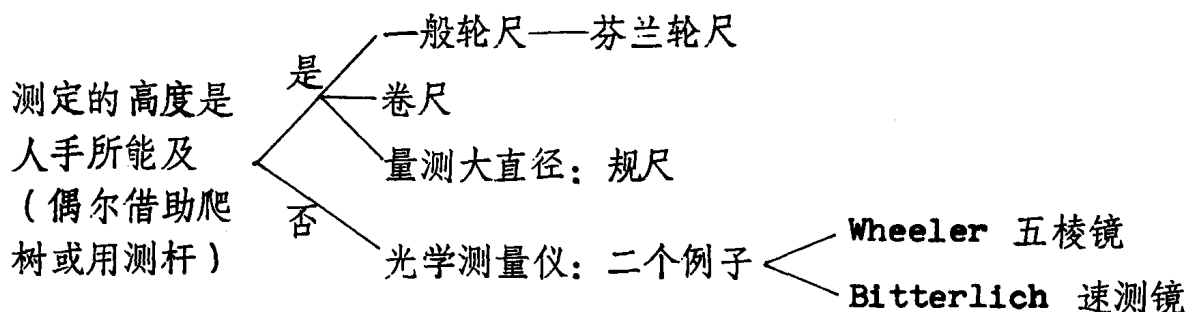


注意:

- 如果为了求生长量, 将来还要复测直径, 测点要作固定标记 (油漆标记, ……)。这种标记能引起树木反应, 因此最好在距测点某一固定距离处 (例如 10 厘米) 作标记, 并把标记的高度记载下来, 以防标记消失。
- 在资源清查或固定样地的测树工作中, 一般只对大于最小起测直径的树测基准直径。多数情况下只测定大于 5 厘米树的基准直径 (更小的树是测树高), 但在森林更新研究中, 对量测小直径感兴趣并需要专门的工具 (小轮尺)。

211.2 立木直径测定通常作法

下图指明本节的安排。



211.21 用轮尺测直径

211.211 一般轮尺

—— 金属轮尺优于木质轮尺 (对气候稳定且易于清洗)。