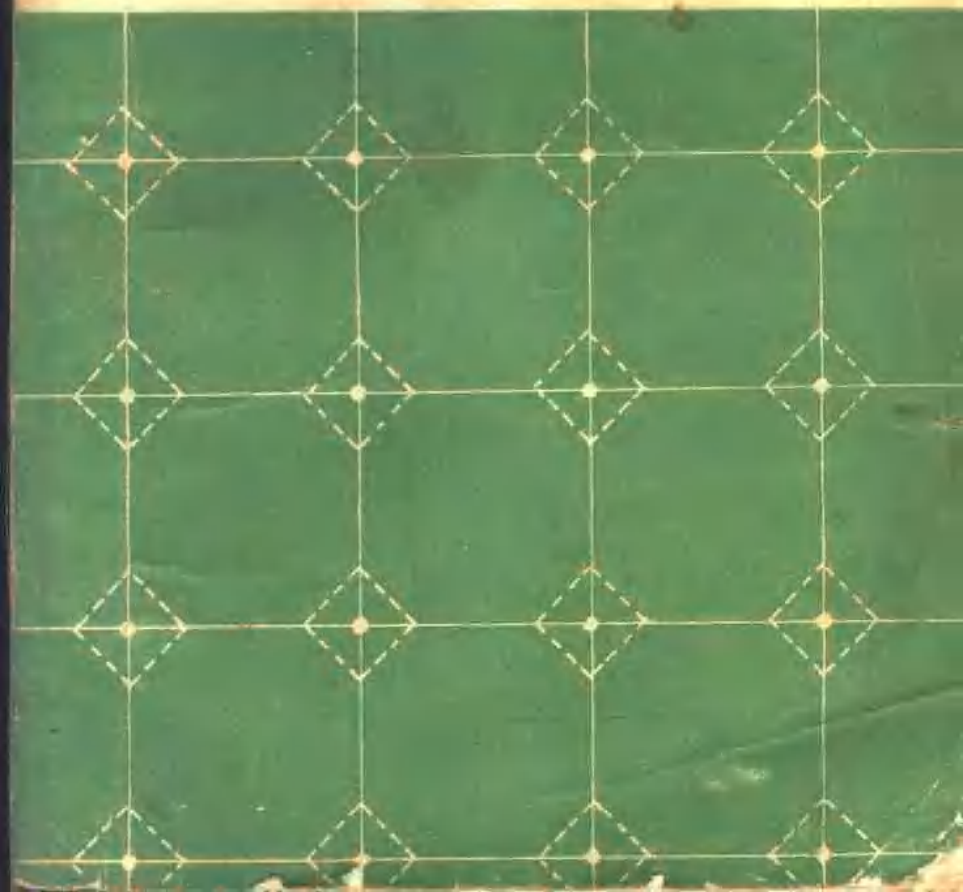


森林调查技术

(一)



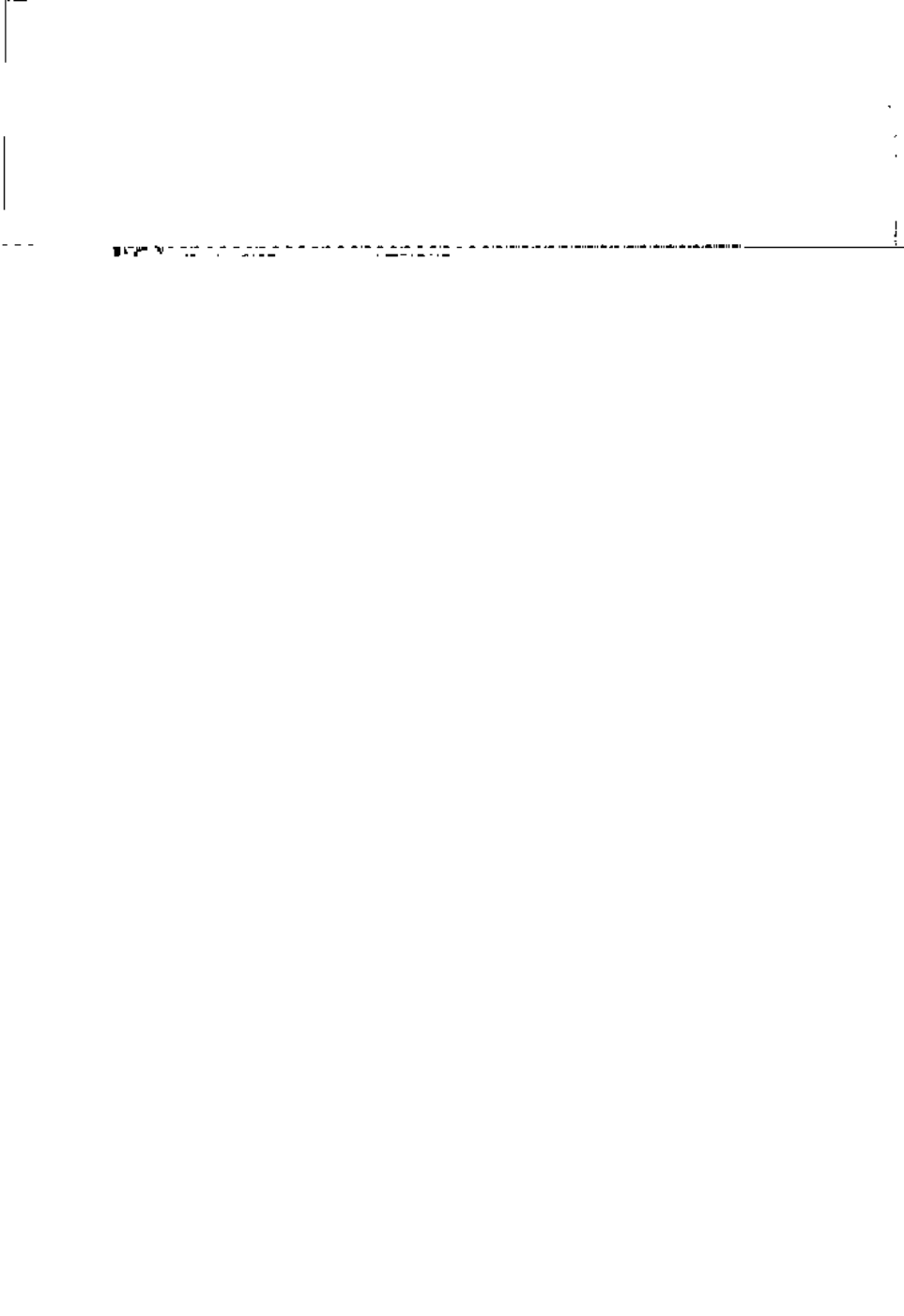
森林调查技术

(一)

大兴安岭地区革委会科技局

大兴安岭地区勘察设计大队

一九七二



前 言

林业是国民經济的重要組成部分。森林是社会主义建設的重要資源，既为工农业生产提供木材等原料，又对农业起着重要的保障作用。整个林业工作的任务就是落实毛主席“绿化祖国”“实行大地园林化”的伟大号召，保护并充分利用好现有森林并不断扩大再生产。准确地掌握森林資源情况，是林业工作的前提。資源不清，势必带来工作中的盲目性，其后果尽管短時間內察覺不到，但終久会要暴露出来。

森林調查的任务就是根据国民經济发展的需要，准确迅速地查清森林資源的数量与質量，摸清变化的規律，为合理經營、充分利用森林資源提供科学依据，以便更好地为社会主义林业建設服务。

解放前，我国的森林調查工作几乎是空白。解放后，在毛主席无产阶级革命路綫的指引下，祖国的森林調查事业迅速发展。森林調查队伍由无到有，由小到大，逐步壮大起来，为社会主义林业建設做出很大貢獻。多年来实践証明，森林調查队是林业建設的“偵察兵”，是不可缺少的基本建設力量。

森林調查的范围，可分全国性森林資源清查、区域性（林业或行政区域）森林資源調查和生产性的伐区調查。森林調查的内容主要是查清面积和森林蓄积量。面积包括：总面积，有林地面积，无林地面积和非林地面积等；森林蓄积量則包括：現有蓄积量（总蓄积量，可利用蓄积量，后备資源蓄积量），蓄积量的質量（树种、径级、材質、出材量），以及生长量和枯損量等。

森林調查的方法是多种多样的，总括起来可分两大类：全面調查和局部調查。全面調查就是进行全林实测（每木检尺）。这种方法虽然精度高，却費工、成本高，除伐区調查外很少采用。局部調查又分选样調查和抽样調查两类。

选样調查包括目測調查法和标准地法等。目測法虽然簡便，但因調查員的选样和目測水平所限，調查質量差，精度也难于控制。我国曾采用带状标准地法，其調查質量取决于选带的水平和实测比重，精度要求越高，实测比重則越大、越費工。航空調查也属于全面性目測調查，虽速度快，費用低，精度却粗放，因此只适用于大片林区的森林資源普查。

森林抽样調查是本世紀二十年代从斯堪的那維亚国家开始发展起来的，这是以数理統計为基础、精度可控制的調查方法。該法又可分簡單抽样、分层抽样、回归抽样、多重抽样和多阶抽样等。这些方法可因調查任务的要求、森林的复杂程度和所具备的技术条件的不同而分別选用。抽样調查方法野外操作簡便，速度快，質量稳定，是一种多快好省的調查方法，目前已被世界各国广泛采用。

建国初期，我国的森林調查技术比較落后，但是，广大森林調查人員在毛主席革命路綫的指引下，通过認真学习毛主席著作，努力改造世界觀，政治思想覺悟不断提高，一九六四、一九六五年，在党的領導和有关部門的协助下，試驗成功适合我国情况的抽样調查方法。經過生产实践，証明这是一种多快好省的調查方法。

当前，国内外形势一派大好，工农业生产的新高潮正在到来。随着林业建設的迅速发展，必将对森林調查工作提出新的战斗任务。为了适应新形势的要求，以及便于交流經驗、互相学习，不断提高技术水平，我們在总结近年来工作經驗的基础

上，編写了这本《森林調查技术(一)》，比較完整系統地介紹了測树、測量、象片判讀、抽样調查和計算等五个方面的技术。由于水平所限，時間仓促，錯誤和缺点一定很多，热誠希望同志們批評指正。文中援引了有关单位和同志的技术成果，特此致謝。

另外，本书着重介紹了随机抽样和分层抽样的調查方法，而我国幅員极其辽闊，森林种类也很多，从亚热带常綠闊叶林到寒溫帶暗針叶林都有分布，望讀者不要局限本书所介紹的方法，应根据任务要求，森林特点灵活选用适当的調查方法。

整个科学技术的发展，也带动森林調查技术不断发展。現代的森林調查已广泛使用航空象片进行森林判讀和測定，以大量减少繁重的野外調查工作。穿孔卡統計机和电子計算机已取代手工作业，整理計算的效率和質量大大提高。世界森林調查技术的水平在不断提高。“我们不能走世界各国科学技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义现代化的强国。”“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。”经过无产阶级文化大革命鍛炼的广大森林調查工作者，决心更高地举起毛泽东思想伟大紅旗，遵照伟大領袖毛主席的号召，努力攀登世界科学技术高峰，为中国革命和世界革命做出更大贡献。

編 者

目 录

前 言	(1)
第一章 测树技术	(1)
第一节 立木直径测定	(1)
第二节 树高测定	(7)
第三节 林木年龄测定	(14)
第四节 森林郁闭度测定	(16)
第五节 立木材积生长测定	(22)
第六节 树干解析	(33)
第七节 林分测树因子相互关系规律	(40)
第八节 干形指数的测定与使用	(43)
第九节 立木材积表的编制与使用	(51)
第十节 角规测树	(69)
第二章 测量技术	(79)
第一节 直线标定与量距	(79)
第二节 罗盘仪测量	(82)
第三节 地形图使用	(89)
第四节 面积测定	(96)
第五节 简易测量	(101)
第三章 航空象片判读测定技术	(106)
第一节 单张航空象片一般特性	(106)
第二节 航空象片立体观察	(112)
第三节 航空象片转绘	(117)
第四节 利用阴影测定树高和方位	(129)

第五节	利用視差測定树高	(134)
第六节	象片上測定地面坡度	(139)
第七节	象片上測量方位角	(143)
第八节	象片上測量面积	(146)
第九节	象片測树技术	(148)
第十节	森林判讀	(156)
第十一节	象片材积表編制	(163)
第十二节	我国常用航摄影类型	(170)
第四章	森林抽样調查技术	(172)
第一节	简单抽样調查	(172)
第二节	森林分层抽样調查	(181)
第三节	样地数量計算	(187)
第四节	样点布設	(197)
第五节	森林分层抽样預备調查	(201)
第六节	样地形状与大小	(217)
第七节	象片判讀与地面实测回归調查	(222)
第八节	角規与样地双重回归調查	(230)
第九节	抽样調查实验精度	(237)
第十节	其他抽样調查方法	(241)
第五章	計算技术	(242)
第一节	回归方程解算	(242)
第二节	誤差传播規律应用	(264)
第三节	有效数字应用	(268)
第四节	平方根計算方法	(274)
第五节	计算机检查和乘除檢驗	(278)

附 录	(281)
一、 公式汇集	(281)
二、 利用测斜器测定树高表	(298)
三、 斜距改算水平距表	(300)
四、 判读样片	(304)
五、 卡笛洛夫随机数字表	(305)
六、 小样本 t 分布数值表	(311)
七、 置信概率 $P=0.01$ 的判别数 F 表	(312)
置信概率 $P=0.05$ 的判别数 F 表	(314)
八、 开方表	(插页)
九、 常用单位换算表	(315)
林产品换算表	(317)
十、 拉丁字母及希腊字母表	(318)

第一章 测树技术

第一节 立木直径测定

一、轮尺测径

轮尺是测定树木直径的主要工具，一般为木制的，其构造简单，如图 1—1 所示，可分为固定脚，游动脚和测尺三部分。固定脚固定在测尺的一端，游动脚可沿测尺滑动，借此从测尺的刻度上读出树干直径的大小。森林调查一般均测量立木的胸高直径，即树高 1.3 米处的直径 ($d_{1.3}$)。

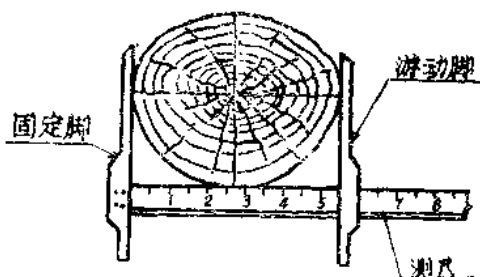


图1—1

用轮尺测径应注意以下几点：

1. 轮尺的固定脚及游动脚必须与测尺垂直，两脚的工作边保持平行，当两脚密合时，测尺上读数应为零；
2. 测径时要端平轮尺，测尺、游动脚和固定脚必须紧靠

在树干上，两尺脚所成平面应与树干中轴垂直；

3. 测径部位如为椭圆形，应测两个互相垂直的长短径取其平均数，如有突出的树节应在其上下部位各测一次取其平均数，双桠树如在树高1.3米以下分叉时应按两株测定；

4. 在倾斜坡地测径时，应站在坡上，在树高1.3米处测径；

5. 测径时，先读数，然后再从树干上取下轮尺。

二、直径卷尺测径

构造与一般皮尺相同，卷尺的刻度一面为普通米尺，另一面为圆周长长度所对应的直径刻度。

$$\because c = \pi d$$

$$\therefore d = \frac{c}{\pi} = 0.3183 c \quad (1.1.1)$$

式中 c 为圆周长， d 为直径。

例如4厘米直径所对应的圆周长为12.56厘米，故在卷尺长12.56厘米处刻度为直径4厘米。

直径卷尺携带方便，可以测较大树干的直径，但使用比轮尺麻烦，掌握不好易产生偏大的误差。

三、测径手杖

轮尺虽使用方便，但比较笨重，携带不便，为此常用间接测径原理，制作各类轻便轮尺或测径器，如弯形轮尺，扇形轮尺，折叠轮尺等等。现介绍一种杖式轮尺，其制作非常简单，为一带刻度的直杆，使用时将手臂直伸横握测杖切于胸高树干处，以右眼视线过“零”指标线切于树干外缘，同时视线余光切树干另侧边缘，视线交于测杖某刻度数，即为直径值。测杖的分划刻度因测者手臂长短不同而异。

刻度计算分解如下：

設 S 为人眼, m 为視線与树干切点, b' 为另一切点, a 为測杖上零指标綫, b 为測杖上直径讀数, β 为切角, l 为人眼到測杖的距离 (即測者臂长), d 为树干胸径。

$$\therefore \Delta S m o \cong \Delta S b' o, \Delta m o Q \cong \Delta b' o Q$$

$$S m = s b' = l + \frac{d}{2}, \quad m Q = Q b'; \quad S Q \perp m b'$$

$$\angle b' m o + \angle m o Q = \frac{\beta}{2} + \angle m o Q = 90^\circ$$

$$\therefore \angle b' m o = \frac{\beta}{2}$$

$$\text{又 } \because d = \frac{m b'}{\cos \frac{\beta}{2}}; \quad m b' = 2 \sin \frac{\beta}{2} \left(l + \frac{d}{2} \right)$$

$$\therefore d = \frac{2 \sin \frac{\beta}{2} \left(l + \frac{d}{2} \right)}{\cos \frac{\beta}{2}} = \frac{2 \sin \frac{\beta}{2} l + \sin \frac{\beta}{2} d}{\cos \frac{\beta}{2}}$$

$$\cos \frac{\beta}{2} d - \sin \frac{\beta}{2} d = 2 \sin \frac{\beta}{2} l$$

$$\therefore d = \frac{2 \sin \frac{\beta}{2} l}{\cos \frac{\beta}{2} - \sin \frac{\beta}{2}} = 2l \frac{\sin \frac{\beta}{2}}{\cos \frac{\beta}{2} - \sin \frac{\beta}{2}}$$

$$\frac{2l}{d} = \frac{\cos \frac{\beta}{2}}{\sin \frac{\beta}{2}} - \frac{\sin \frac{\beta}{2}}{\sin \frac{\beta}{2}} = \cot \frac{\beta}{2} - 1$$

$$\therefore \cot \frac{\beta}{2} = \frac{2l}{d} + 1 \quad (1.1.2)$$

式中 l 为定值 (即测者臂长), β 与 d 呈函数关系。求出 β 角后, 再按 $ab = \lg \beta \times l$, 计算测杖上所割长度 (ab), 即直径读数。现以 $l = 62$ 厘米为例, 各径级刻度值计算如表 1-1。

四、径级划分和平均直径的计算

森林调查进行立木胸径检尺时, 逐株记载立木胸径的实际值 (如 11.59 厘米) 在计算上很不方便, 为此常划分成二厘米或四厘米的直径级, 凡属某径级内的立木均以该径级的中值表示它的平均值。小班每木检尺时, 常按小班平均直径的大小决定采用 2 厘米或 4 厘米的径级, 当森林分子的平均直径在 12 厘米以上时, 采用 4 厘米径级; 在 6-12 厘米时, 采用 2 厘米径级。在抽样调查时一般都采用 2 厘米径级进行检尺。

直径径级的划分, 也可按整化误差来决定, 可按下式计算径级范围的大小:

$$a = \frac{\bar{d}}{5} \sqrt{P_v} \quad (1.1.3)$$

式中 $\bar{d}$ 为平均直径, P_v 为材积允许相对误差。

当 $\bar{d} = 16\text{cm}$ $P_v = 2\%$ 时, 则径级范围大小 a 为

$$a = \frac{16}{5} \sqrt{2} = 4.5\text{cm}$$

故采用 4 厘米的径级, 各径级范围划分如表 1-2。

计算平均直径时, 因为直径与断面积成平方关系, 所以求林分平均直径 $\bar{d}$, 必须先算出林分平均胸高断面积 $\bar{g}_{1.3}$, 再用圆面积表查出相应的平均胸径, 其步骤为:

$$1. \text{ 计算平均断面积 } \bar{g}_{1.3} = \frac{\sum g_i}{N} \quad (1.1.4)$$

$$2. \text{ 计算平均直径 } \bar{d}_{1.3} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\bar{g}_{1.3}} = 1.1284 \sqrt{\bar{g}_{1.3}} \quad (1.1.5)$$

表 1—1

径级 cm	径级界限值 d (cm)	$\frac{2l}{d} + 1$ (cm)	β °	$\lg \beta$	测杖刻度 $af = \lg \beta \times 620 \text{ mm}$
	2.1	60.0	$57' \cdot 3 \times 2 = 1^\circ 48'$	0.03143	19.5
4	6.0	21.7	$2^\circ 38' \times 2 = 5^\circ 16'$	0.09218	57.2
8	10.0	13.4	$4^\circ 16' \times 2 = 8^\circ 32'$	0.15005	93.0
12	14.0	9.7	$5^\circ 53' \times 2 = 11^\circ 46'$	0.20830	129.1
16	18.0	7.89	$7^\circ 13' \times 2 = 14^\circ 26'$	0.25738	159.6
20	22.0	6.63	$8^\circ 34' \times 2 = 17^\circ 08'$	0.30796	190.9
24	26.0	5.77	$9^\circ 50' \times 2 = 19^\circ 40'$	0.35740	221.6
28	30.0	5.14	$11^\circ 05' \times 2 = 22^\circ 10'$	0.40741	252.6
32	34.0	4.65	$12^\circ 08' \times 2 = 24^\circ 16'$	0.45082	279.5
36	38.0	4.27	$13^\circ 11' \times 2 = 26^\circ 22'$	0.49568	307.3
40	42.0	3.96	$14^\circ 10' \times 2 = 28^\circ 20'$	0.53920	334.3
44	46.0	3.695	$15^\circ 09' \times 2 = 30^\circ 18'$	0.58435	362.3
48	50.0	3.48	$16^\circ 02' \times 2 = 32^\circ 04'$	0.62649	388.4
52	54.0	3.30	$16^\circ 51' \times 2 = 33^\circ 42'$	0.66650	413.2
56	58.0	3.14	$17^\circ 40' \times 2 = 35^\circ 20'$	0.70891	440.0
60	62.0	3.00	$18^\circ 26' \times 2 = 36^\circ 52'$	0.74991	465.0
64	66.0	2.88	$19^\circ 09' \times 2 = 38^\circ 18'$	0.78975	490.0
68	70.0	2.77	$19^\circ 51' \times 2 = 39^\circ 42'$	0.83022	515.0
72	74.0	2.68	$20^\circ 28' \times 2 = 40^\circ 56'$	0.86725	538.0
76	78.0	2.59	$21^\circ 07' \times 2 = 42^\circ 14'$	0.90781	563.0
80	82.0	2.515	$21^\circ 41' \times 2 = 43^\circ 22'$	0.94455	586.0

表 1—2

径级	8	12	16	20	24	28	32	36
范		10.1 —14.0		18.1 —22.0		26.1 —30.0		34.1 —38.0
围	6.1 —10.0		14.1 —18.0		22.1 —26.0		30.1 —34.0	

式中 Σ 表示总和的符号，N为测定的株数。

也可以不经过断面积的换算，直接由直径平方进行计算：

$$\begin{aligned}
 \text{即 } \bar{d}_{1.3} &= \sqrt{\frac{2}{\pi}} \sqrt{\bar{g}_{1.3}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \bar{g}_{1.3}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{\Sigma g_i}{N}} \\
 &= \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{\Sigma \frac{\pi}{4} d_i^2}{N}} = \sqrt{\frac{\Sigma d_i^2}{N}} \quad (1.1.6)
 \end{aligned}$$

通常计算平均直径不宜采用算术平均法，即 $\bar{d}_{1.3} = \frac{\Sigma d_i}{N}$ ，因为这样将产生偏小的误差。

第二节 树高测定

一、测斜器测高

测斜器即一般手持水准或测斜仪（图1—4），测树高时先量得测者与树木的水平距离D，仰观树尖得仰角 θ ，则树高h为

$$h = \operatorname{tg} \theta \cdot D + i \quad (1.2.1)$$

式中i为测者眼高。

若在坡地上测高时，应分别测得树尖的仰角 θ ，和树根的俯角 θ' ，而树高为

$$h = \operatorname{tg} \theta D \pm \operatorname{tg} \theta' D = D(\operatorname{tg} \theta \pm \operatorname{tg} \theta') \quad (1.2.2)$$

式中“+、-”号的采用，当测者在上坡时为“+”（图

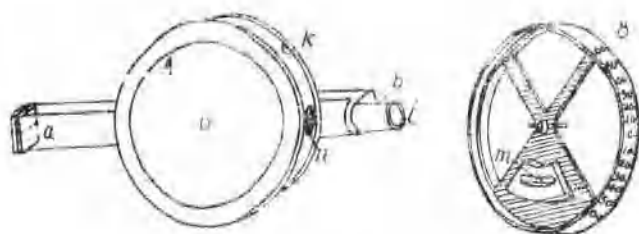


图1-4

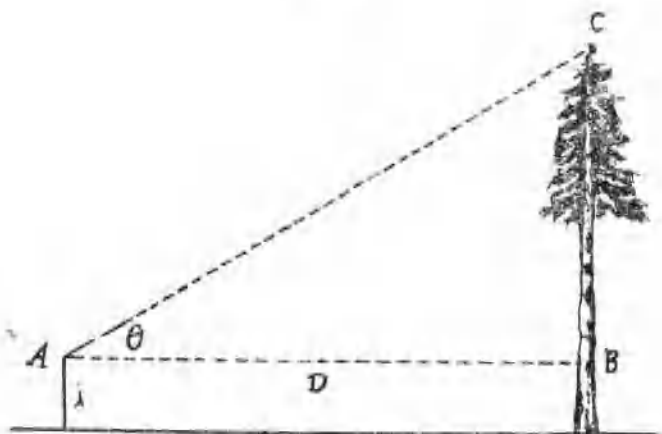


图1-5

1—6a), 在下坡时为“-” (图1—6b)。

为了计算方便, 编有利用测斜器测定树高表。(见附录二)。

二、普鲁莱斯测高器测定树高

这是一种通过视距器, 可以间接量得测者至树干水平距离的测高仪器如 (图1—7), 测高部分和测斜器原理一样, 只不过利用指针的自重指示铅垂线, 从而在度盘上读出倾斜角 θ , 以