

目 录

译者前言

前言

序

绪 论..... (1)

1. 森林计测和森林计测学的概念..... (1)

2. 本书的内容、范围和结构..... (3)

3. 测树学的沿革及其向森林计测学演进的简史..... (5)

4. 森林计测常用符号..... (10)

5. 森林计测的量及其单位..... (10)

6. 计测的误差、精确度和准确度..... (11)

I 树木的测定..... (17)

1. 概论..... (17)

2. 干形..... (19)

2.1 树干横断面的形状..... (19)

2.2 树干纵断面的形状——干形..... (22)

2.3 干曲线..... (27)

2.4 树干各部分近似的几何形体..... (32)

2.5 形数..... (35)

3. 伐倒木的测定..... (43)

3.1 树干长度的测定..... (44)

3.2 树干直径的测定..... (45)

3.3 树干断面积的测定..... (46)

3.4 树干材积的测定..... (48)

3.5 日本农林标准中关于原材检尺的规定..... (50)

3.6 形状不规则材和枝丫的测定..... (54)

3.7 树皮和伐根的测定.....	(70)
4. 立木的测定	(76)
4.1 树高的测定.....	(76)
4.2 直径的测定.....	(86)
4.3 测树仪.....	(99)
4.4 树干材积的测定	(109)
4.5 枝条材积的推测	(121)
5. 树木生长量的测定.....	(123)
5.1 生长量和生长率的概念	(124)
5.2 年龄的估测	(127)
5.3 生长量的测定	(130)
6. 树木重量的测定.....	(143)
6.1 树干重量的测定	(144)
6.2 树叶重量的测定	(151)
I 林分的计测	(162)
1. 概论.....	(162)
2. 林地面积的测定.....	(164)
2.1 地面测量	(165)
2.2 利用航空象片绘制林分平面图	(172)
2.3 面积计算	(175)
2.4 样地设置	(179)
3. 用每木调查法估测林分材积.....	(183)
3.1 每木调查	(183)
3.2 树高曲线	(191)
3.3 立木材积表	(195)
3.4 用立木材积表估测林分材积	(203)
3.5 用标准法估测林分材积	(206)
3.6 用样本法估测林分材积	(211)
4. 用标准地或样地估测林分材积.....	(218)
4.1 抽样调查的概念及概要	(219)
4.2 标准地法	(223)
4.3 样地法	(226)

5. 用无样地抽样估测林分材积	(238)
5.1 比特利希法	(239)
5.2 斯特兰德法	(243)
5.3 平田的林分平均树高法	(246)
5.4 一致高和法	(249)
5.5 实际应用方法	(251)
5.6 林分材积的估测	(261)
6. 利用航空象片估测林分材积	(269)
6.1 估计材积必要因子的测定	(271)
6.2 利用航空林分材积表估测林分材积	(285)
7. 林分重量的估测	(292)
7.1 林木干、枝重量的估测	(293)
7.2 林木叶量的估测	(297)
8. 林分生长量的估测和预测	(302)
8.1 林龄及其查定	(304)
8.2 林分平均树高生长量的估测	(305)
8.3 林分直径生长量的估测	(309)
8.4 林分断面积生长量的估测	(313)
8.5 应用重复调查法测定林分材积生长量	(316)
8.6 用一次调查法估测林分材积生长量	(321)
8.7 通过生长率估测林分材积生长量	(324)
8.8 林分材积生长量的预测	(327)
8.9 林分重量生长量的估测和预测	(333)
Ⅱ 大面积森林蓄积量的调查	(338)
1. 概论	(338)
2. 航空象片的应用	(339)
2.1 分层	(340)
2.2 林型图(林相图)的编制	(341)
2.3 设置样点	(346)
3. 利用抽样方法估测森林蓄积量	(349)
3.1 二阶(副次)抽样法	(349)
3.2 比估计和回归估测	(355)

3.3 双重抽样法.....	(364)
3.4 应用实例.....	(368)
附录 森林计测的统计学基础	(371)
1. 总体和样本.....	(371)
2. 统计量和总体数.....	(372)
3. 正态分布.....	(382)
4. 总体平均数的估计.....	(387)
5. 回归估计.....	(391)
6. 重回归.....	(396)
关于森林计测学的主要著作	(401)
附表 1. 单位换算表.....	(403)
附表 2. 概率积分表.....	(405)
附表 3. t-表	(406)
附表 4. F-表	(407)

绪 论

1. 森林计测和森林计测学的概念

森林计测学是林学的一门学科，是研究森林及其产品——木材各种量的测定、估测和计算方法的科学。

大自然的森林是一个由土地和这片土地上生长、繁育着的树木、下层植被等植物群以及栖息于其中的动物群构成的生物社会。但本质上，森林可以看作是由土地和这片土地上生长着的树木群构成的。森林计测学研究的就是这种狭义森林的构成要素——土地、树木及其群体的各种量，以及森林产品——木材量的计测问题。

这些量是：

- 1) 土地：面积；
- 2) 木材：材积*和重量；
- 3) 树木：树干的形状、直径、断面积、高度、材积和重量，枝丫材积和重量，叶的重量，年龄和生长量；
- 4) 树木群体：株数，树干平均直径和平均高，树干的断面积合计，材积合计和重量合计，枝丫材积和重量合计，叶的重量合计，平均年龄和生长量等。

森林的面积有大有小，而且构成森林的树木群在组成和个体植株的大小上也可以是多种多样的。因此，森林在面积大到某种程度以上时，往往可以根据树种、树木的大小或混交方式的不同划分成几个部分；在森林经营上，将这些彼此不尽相同的部分称为**林分**。当需要把构成森林的土地和它上面的树木群分开研究

* 树干和枝条的体积，以及木材的体积，林业上统称材积。

时，称前者为林地，后者为林木*。而组成林木的一棵棵树，叫作单株木。森林包含一个或两个以上林分，所以调查时，有些场合以整个森林作为测定单位，也有些场合把各个林分作测定单位。在后一种情况下，林木测定工作所占的比重更大。

要取得关于森林的各种量值的资料，需要有高度的测定技术。这是因为作为测定对象的树木和森林有下列特点所致：

- 1) 树木的体积一般很大，而且形状不一，因此测定困难；
- 2) 森林面积一般也很大，而且其中包含着各种彼此不同的部分，因此要正确地测得整个森林的某种量值是比较困难的；
- 3) 森林多分布于地形陡峻的地方。测定的工作环境不好，往往给测定带来一定的困难；
- 4) 木材的价格一般比同体积其它物品低。

森林计测学就是在这些条件的要求下，进行其理论和应用技术研究的。

森林计测学在林学领域中，究竟占什么地位，它与林学以外的各学科又有着怎样的关系呢？

森林计测学是林学的基础学科，掌握森林的计测方法，是进行林学其它各学科研究的前提条件。特别对于森林经理学，它作为森林经理学的林木生长论和森林计划论等的基础理论，起着非常重要的作用。过去森林计测学作为测树学有过完全属于森林经理学的时代。但是现在的森林计测学内容非常广泛，早已不单单是森林经理学的基础理论，而是作为林学的一门基础学科而独立存在了。

作为一门应用科学，森林计测学借助于数学，特别是数理统计学的地方很多。它与测量学、航空测量学的关系也很密切。因此，要掌握森林计测学，先学习这些学科的基础知识是很必要的。

* 林学上所称林业用树种为林木的，但在森林经理学和森林计测学中，林木表示构成林分的树木群体。

欧美国家把论述测定树木和森林的著作称作: forest mensuration (英), Science of forest measurements (英), forest measurements (英), Holzmesskunde (德), Holzmesslehre (德), Holzmassenermittlung (德), Messung der Waldbestände (德), dendrométrie (法) 等。日本一直沿用“测树学”这个名称。但是, 随着森林计测内容的不断扩展和充实, 人们感到“测树学”的名称不再能概括这个领域的全貌。因此, 最近有用“林木材积测定学”、“森林测定学”等名称的。我们试用“森林计测学”概括这个新体系; 这是在测树学的基础上, 逐渐补充由于运用数理统计理论和使用航摄像片出现的新的估测理论和方法, 新的测定工具等研究成果而发展起来的新体系。最近, 在欧洲和美国, 汲取最新知识的这个领域的著作相继出版。在日本, 除中山博一著有《林木测定学》, 试图从测树学脱离出来, 建立新的体系以外。迄今还没有这样的尝试。当然, 从方法论的观点论述某一专门领域的著作是有的, 但是还没有包括各方面综合性的系统的著作。

2. 本书的内容、范围和结构

本书试图反映森林计测学的全貌, 从而使学习者获得这个学科全面系统的基础知识。因此叙述着重于概括整个领域的内容, 并使其体系化, 避免过细地介绍或论述每一理论和方法。前述所有有关森林各种量的计测, 都属本书范围。其中, 林地测量、树木和林分重量及重量生长量的测定等是过去测树学未作讨论的项目。

林地测量, 以往混同于测量学中的一般土地测量。但是, 因为林地和林木一样, 也是构成森林的主要因素, 所以它的测定理应算作森林计测学的研究对象; 并且林地测量多在坡度大, 而且由于树木、下木等的遮蔽, 通视不良的森林环境中进行, 因此在测量方法、费用和精度等方面均不同于一般土地测量, 必须加以

特别考虑；加之，象进行抽样调查等，测定面积、测设样地等是必不可少的工序，所以本书特别将林地测量的内容纳入，作为森林计测学的一个组成部分。但是，测量理论和测量仪器论等仍归测量学；就是说，森林计测学中有关测量的内容，是从把测量学应用于森林测定的观点出发，以解决在森林内进行测量的有关问题为研究中心的。

重量和重量生长量的测定，过去测树学几乎没有把这方面问题作为讨论内容的。过去，衡量木材、树木或林木的多少，大多以体积为单位，这在木材只限用作结构材*时，是必然的。但是，在木材做原材料的用途日益开阔的今天，不必说对于木材，甚至对于树木和林木也需要从重量方面掌握它们量值的多少了。直接测定树木或林木重量是不可能的，直接称量木材的重量，因为体积一般很大，也很困难，所以有关重量的测定，只能用间接推测的方法。这些方法是森林计测学研究的新课题。

对于森林计测学内容的划分，可以有两种方法，一种是以研究对象为主，另一种是以测定方法为主。应用科学的任务是为技术方法提供理论根据，并推动其进步，从这一观点来看，采用前一种方法更为有效。本书采用了这种结构方式，研究对象分类和叙述顺序如目录中所列。本书首先将全部内容归为树木测定、林分计测和大面积森林蓄积量调查等三大类。关于生长量的测定，过去测树学单独列为一大项，本书根据围绕研究对象展开叙述的原则，将树木生长量测定和林分生长量测定的内容分别放到“树木的测定”和“林分的测定”两章中讲述。

在“树木的测定”一章里，首先按林业用材树种都具有的形状规整的树干，定出干形的概念。在这个认识的基础上讨论伐倒木和立木测定的原理和方法。然后，讲述树木生长量的测定问

* 作结构材和作原材料是木材的两种利用形态。前者包括一切制材产品，这种利用形态不改变木材性质，只是根据用途改变木材的尺寸和形状；后者如利用木材造纸或制成其它浆料等，将木材全部解析，然后再结合，利用其分解后的成分，制造纤维板属这种利用方式——译注。

题。除材积测定之外，还介绍关于树木重量的测定方法，进而论及推测叶量的问题。

在“林分的计测”一章里，在阐明林分的概念和构造之后，首先讲述在林地这一特殊环境中进行土地面积测量的方法。然后依次介绍每木调查法、抽样调查法、无样地抽样法（plotless sampling，在本书中指利用角规原理的一些方法——译注）以及应用航空像片等几个测定林分材积的方法。接下去是林分重量推测方法的介绍，这一章最后论述林分生长量的推测和预估的方法。

本书最后一部分“大面积森林蓄积量调查”，概述利用航空像片和抽样调查对由多数不同林分组成的大面积森林进行蓄积量调查的有关问题。

另外，作为附录，解释进行森林计测必需的一些统计学基础知识。在森林计测学的基础知识中，属于统计学的占很大比重。这是因为森林计测学原本就是以森林这一庞大的树木的群体为研究对象的测定科学，无论是计测得到的测定值，还是测定对象本身，都具有群体性，所以要求有研究群体数量特征和规律性的科学——统计学的知识。本来这些知识应该通过学习统计学得到，没有理由作为森林计测学的一部分进行讨论，但是，由于实际上不可能要求所有学习森林计测学的人都有一定的统计学素养，而且森林计测需要的也只是统计学应用方面的知识而不是很深的理论，因此，我们只摘出必需的部分，目的在于通过从森林计测学立场的解释，有助于学习者的理解。

3. 测树学的沿革及其向森林计测学演进的简史

一般认为测树技术是同木材交易一起发生的。这个发生时期各国会有迟早的不同，但无论是日本或欧洲都一定可以上溯到很古远的年代。开始大概只是测测原木粗细、长短等，以后渐渐发展到测定材积。

根据M.普罗丹 (M.Prodan) 的记载*, 在欧洲,意大利、法国和瑞士等国很早就能够推测树木和林分的材积,后来逐渐发展成一种专门技术。十七世纪末到十八世纪初,数学家和其它自然科学家开始涉足这个领域。德国十八世纪末到十九世纪初,已经知道今天依然用来求原木材积的两端断面积式和中央断面积式;并且关于形数理论的研究也有很大进展,编制了测树史上最早的材积表和收获表。又根据J.巴尔德 (J.Pardé**) 的记载,在法国1764年,杜阿梅尔迪·蒙索 (Duhamel Du Monceau) 才初步归纳总结出测树学,这可能是有关测树知识最早的一次体系化工作。

进入十九世纪以后,对测树法的研究益发兴盛,胡贝尔 (Huber, 1824)、德劳特 (Draudt, 1875)、乌里希 (Urich, 1881)、哈特格 (Hartig, 1868) 等发表了用数表查定材积的方法。普雷斯莱 (Pressler) 的望高法也发表于这个时期。

自古日本就是对木材消费大的国家,特别是从进入江户时代起,对木材的需要量越来越大。由此可以推想,当时量测木材粗细、长短以至材积的技术可能是比较发达的,但具体用什么方法不十分清楚,只是可以看到十八世纪中叶用文杆子、弯卡尺、勾曲尺等工具检量原木的记录。根据中山博一***的记载,日本最早的材积测定法是天保六年(1835年)德川幕府制定的“御林方尺缔法”。这是用来测原木材积的一种方法:先量出小头直径,然后根据从小头起长度每增加一间(6日尺,合1.818米,参考书后附表I——译注)直径增加一日寸的关系算出大头直径,并以大小头直径的平均值为中央直径,最后把中央直径平方乘0.79,再乘上长度,算出材积。因为 $0.79 \approx \frac{\pi}{4}$,所以这种方法

实质上与两端断面积式是一样的。在日本,这些经验性的测定技

* Prodan, M.: Holzmesslehre. Frankfurt/M. 1965.

** Pardé, J.: Dendrométrie. Nancy. 1962.

*** 中山博一: 林木材积测定学,东京,1957.

术，还没等发展到经科学研究、总结，进而体系化的地步，就到了明治时代。明治维新时期可以说是隔断过去的一个时期。从日本测树学的发展历程，也可以看出这一点。这时引进了当时德国业已成形的测树学，明治15年（1882年）正式在学校讲授。但民间习惯使用的测树法，各地还在应用。

这时，西欧各国，特别是德国，测树学各领域的研究都很兴盛，现在使用的材积测定法许多在十九世纪已经应用。例如可以看作是抽样调查思想起源的标准地调查法，1791年许内特(Hennert)论述过，1864年J.L.克劳普雷希特(J.L.Klauprecht)论述过正形数的问题。K.布雷曼(K.Breymann)在1852年、1865年和1867年，林学上第一次应用高斯(Gauss)误差曲线和最小二乘法估计误差范围和求生长曲线。1891年Zetsche论述过抽样调查法的理论依据。这个时期还出版了许多关于测树学的著作，从M.孔策(M.Kunze, 1873)、F.鲍尔(F.Baur, 第2版, 1875)、V.古藤伯格(V.Guttenberg, 1912)、U.穆勒(U.Müller第2版1915)等人的著作可以看出，测树学作为一门学问的体系已经渐渐接近形成。而到1927年W.Tischendorf的名著“Lehrbuch der Holzmassenermittlung”(测树教科书——译注)问世，可以说完成了测树学所应具有的一切。

法国第一本测树学的书是1919年G.Huffel写的。

在北欧各国和美国，测树学的发展走了另外一条路径。这些国家在大面积森林资源调查中引进了抽样调查的方法，并同时也将数理统计学的方法应用于测树学的整个领域。在H.H.查普曼(H.H.Chapman 1927)、D.布鲁斯(D.Bruce)及F.X.舒马赫(F.X.Schumacher, 1935)等人的美国早期测树学著作中，就已经带有这种浓重的色彩。

在日本，测树学发展的情况已见前述，可以说日本测树学是以引进德国测树学为发端，其后由堀田正逸(1928)、吉田正男(1930)等奠定的基础。但是在第二次世界大战前，日本的测树学未能摆脱德国的影响，走上自己发展的道路。

第二次世界大战以后测树学的发展，是以应用航空像片和数理统计学的方法为特征的。并且，测树学的研究形成以IUFRO*等国际组织为中心，在世界范围内交流的规模。这时，对航空像片和数理统计方法已有应用的美国测树学，成了世界测树学的先导。S.H.斯珀尔 (Spurr) 1948年写出了第一部关于森林航测的著作，他1952年全面地论述森林调查的著作，对应用数理统计学和航摄像片的近代测树学中最本质的问题广泛地进行了讨论。而F.X.舒马赫与R.A.查普曼 (F.X.Schumacher & R.A.Chapman, 1949)、H.H.查普曼与W.H.迈耶 (H.H.Chapman & W.H. Meyer, 1953)、B.胡希 (B.Husch, 1963)、E.T.艾弗里 (E.T.Avery, 1967) 等的著作则象征着美国最近这一领域科学研究的兴盛。

在德国，应该特别提出M.普罗丹 (M.Prodan) 作出的贡献。他1951年的“Messung der Waldbestände” (“林分测定”——译注) 一书在内容上还没脱出德国古典测树学的窠臼，但他1965年的“Holzmesslehre” (测树学——译注) 却作到了——一方面坚持和继承德意志测树学的传统，一方面系统地总结了当时国内外把数理统计学原理和航空像片应用于森林调查的最新研究成果。除此之外，在西欧各国，还有J.巴尔德 (J.Pardé, 1962, 法国)、G.帕特朗 (G.Patrone, 1963, 意大利，再版)、H.勒奇 (H.Loetsch, 1964, 西德) 等人的著作也是在这几年相继出版的。

另外，在最近对测树学发展所作的贡献中，应该特别提到W.比特利希 (W.Bitterlich) 发明的角规测树法和林分速测镜。

近代的这些著作，共同之处是增加了应用数理统计学方法和航空象片的内容，这一点前面已经提到。此外，研究范围也扩大

* IUFRO: The International Union of Forestry Research Organizations (国际林业研究联盟) 的缩写——译注。

了，林分结构和材积以外的其它各种量的测定，以至于大面积森林资源清查都是这些著作讨论的课题；不再仅限于木材及林木材积测定的经典测树学的范围。并且这些著作都带有因保持本国测树学传统和各国不同的林业条件赋予的特色。

在日本，也是以第二次世界大战为分界线，战前战后的测树学内容有很大的不同。战后由于应用数理统计学方法和美国测树学的影响，改变了明治初年引进的德意志测树学的源流方向。最早对这一改变作出贡献的是木梨谦吉，他1954年发表了题为“以数理统计学为理论基础的测树学”的著作。然而，在日本的测树学领域，要发展以数理统计学为理论基础的森林抽样调查方法，必须求得数理统计学家的合作。这时，松下嘉米男和林知己夫，从数理统计学家的角度，论述了抽样估计理论在森林调查中的应用，发表了“森林抽样调查的实际应用”一书(1955)。西泽正久的“森林测定法”(1959)，则详细地阐述了数理统计理论在推测森林蓄积量和生长量方面的应用。在航摄像片的应用方面，有中岛岩的“森林航测概要”(1961)。日本二次大战后的这些著作都反映出试图把新引进的美国测树学与起源于德国的日本传统测树学融成一体，从而建立新的测树学体系的趋势。中山博一的“林木材积测定学”也属于这种性质的著作。第二次世界大战后，在日本测树发展史上应该着重提到的重大事件，有由统计学家和测树学家共同组成的“林业统计研究会”的建立和平田种男对角规测树研究的成绩*。

综上所述，起初可能因买卖交易需要量测木材的粗细和材积等而产生的萌芽测树学，随着其它各种科学的发展，逐渐具备了作为一门学科的体系。这门学科在第二次世界大战的前后，由于引进数理统计学和航空象片的理论，取得了迅速的发展。研究范围也扩大了：从材积测定方面讲，由单纯木材和林木材积的测定，扩展到大面积森林资源的估测；从测定的量这方面讲，由只限于

* 本书最后，列举了迄今的森林计测学方面的主要著作。由这个书目可以看出测树学向森林计测学发展过渡的足迹。

树干材积，扩展到树木各部分的体积、重量以至林分的构造等。看来构成森林的其它生物量的测定也将被纳入这一学科的研究范围。可以预料，由于电子计算技术的发达和广泛应用，一定会给这门学科在方法上带来更大的充实和飞跃的进步。

总之，这个领域的内容在第二次世界大战后，得到了很大的扩充和丰富，而且孕育着更大的发展前景，再称之为“测树学”已经名实不符了。当然，名称还不是定义，只要定义明确，叫什么名称也许关系不大。但是如能有一个符合实际内容的名称，不是更为理想？我们认为，把研究森林及直接产品——木材的各种量计测方法的科学称作森林计测学是比较合适的。

4. 森林计测常用符号

在森林计测学的著作或论文中，使用着种种符号。过去这些符号一直根据习惯使用，所以，因国家，甚至因作者而不尽相同；没有统一的规定。为了学术交流方便，这些符号最好是国际通用的。IUFRO*（国际林业研究联盟——见8页注）在1959年的大会上议定了一个关于森林计测常用符号的标准。当然这只是个标准，并不要求一定遵照实行。正如制定这个标准时倡导的那样，关键在于使用读者容易懂的符号。这个国际标准，因为只是把以往习惯使用的符号统一起来，所以大都是容易理解的，但内中也有些容易混同和比较烦杂的。本书所用符号没有完全按照IUFRO的规定，而是尊重日本使用上的习惯，尽量选用明确易懂的符号。

5. 森林计测的量及其单位

森林计测过程中需要研究的量有长度、面积、体积、重量和

* IUFRO: The Standardization of Symbols in Forest Mensuration, 1959.

时间等。举例说明如下表。表中，〔 〕内是现在日本测定这些量采用的单位。

森林计测的量及其单位

量	树	木	林	地
长度	树干直径〔cm〕，树高〔m〕，冠幅〔m,cm〕，原木直径〔cm〕，长度〔m〕等	平均直径〔cm〕 平均高〔m〕等		距离〔m〕 高度〔m〕
面积	树干断面积〔m ² 〕 树冠投影面积〔m ² 〕等	树干断面积合计（林分断面积）〔m ² 〕 林冠面积〔m ² 〕等		林地面积〔ha〕 样地面积〔m ² ，ha〕等
体积	树干部分或全体体积（材积）〔m ³ 〕 枝叶的体积〔m ³ 〕等	树干体积合计（林分材积）〔m ³ 〕等		
重量	树干重量〔kg〕，枝叶的重量〔kg〕，地上部分总重量〔kg〕等	树干重量合计〔kg〕〔ton〕（吨） 地上部分总重量〔kg〕〔ton〕		
时间	树木的年龄〔年〕	林木的年龄（林龄）〔年〕		

森林计测中使用的单位因国而异。大致可以分成采用公制（米制）和采用英制这样两大类。日本、德国、法国、瑞士等大多数国家采用公制。日本于1924年开始采用公制，但1960年以前，一直与尺贯制并用（尺贯，尺：日尺，等于30.3cm；贯：日本重量单位，等于3.75kg。参考书后附表1——译注）。现在，尺贯制正式废止不用了。但民间还有因循沿用的。书后附表1中，列举了比较常用的各种量制对于米制的换算表。

6. 计测的误差、精确度和准确度

同所有计测一样，森林计测也希望量测或推测的结果是精确度尽可能高的准确数值。这是与计测本质相联系着的问题，精确

度和准确度的概念与量测和推测的误差是表里的关系。

计测方法可作如下分类：

- | | | |
|----|---|---|
| 测定 | { | 直接测定：用量测工具直接测定待测物的目的量。 |
| | | 间接测定：运用三角或几何学原理间接测定待测物的目的量。 |
| 推测 | { | 直接推测：直接或间接测定部分待测物的目的量，据此推测全部待测物的目的量。 |
| | | 间接推测：通过对部分待测物的测定和研究，找出与目的量关系紧密且容易测定的中间量，并确定此中间量与目的量之间的关系，据此推测全部待测物的目的量。 |

在森林计测中，当待测物数量少，或目的量容易测定时，如欲测单株木的直径、树高或林木的胸高直径，用直接或间接测定全部待测物目的量的方法；与此情况相反，当目的量测定困难或要测定大量树木或林木，不可能逐一进行直接测定或间接测定时，取部分待测物作样本，对其进行直接或间接测定，利用这样测定的结果，推测全部待测物的目的量值。可以说，以多种方式组合使用测定或推测方法，是森林计测学的一个特征。

一般说待测物在每种量上都有其固有值，这种值称真值。测定或推测的目的就是要了解到这个真值，但是，因为人的能力是有限的，所以测定或推测得到的值，即测定值或估测值，一般与真值并不一致。误差就是推测值或测定值与真值之差。因此，误差可用下式定义：

$$\text{误差} = \text{测定值或推测值} - \text{真值}$$

误差可以从各种角度来分类。首先从计测方法来分，即看是测定值还是推测的估计值。进行推测时，只对样本进行测定，这样由于没有测定待测对象的全部而产生的误差称作抽样误差。全部测定也产生误差，称非抽样误差。抽样误差一般比非抽样误差大，在两者同时存在时，非抽样误差多数情况下可以忽略不计。例如，调查一片面积比较大的森林的林木蓄积量，可用抽取几块

小面积样地为样本，求样地的平均材积，根据样地的平均材积推测这片森林蓄积方法。在这种情况下，有伴同抽取样本产生的抽样误差，也有测定样本本身材积过程中产生的非抽样误差。但是，因前者远比后者大，所以一般只考虑前者。

抽样误差实质是一个随机变数，可以根据数理统计学的正态分布理论推断它的大小。这是数理统计学中抽样估计的课题。

非抽样误差就是一般说的测定误差，根据误差产生的原因分类，有如下三种：

- 1) 过失误差
- 2) 恒定误差或系统误差
- 3) 偶然误差

过失误差是由于测定者不细心引起的。例如计算错误、读错数字等均属此类。这种误差如果细心操作可以避免。

恒定误差或系统误差是由以某种固定方式使测定结果受到影响的因子引起的误差（这种因子影响结果永远朝一个方向偏离，其大小和符号在一次调查中可能完全相同——译注）。例如因轮尺或皮尺刻度错误，所用公式本身有偏差等引起的误差属此类。这种误差产生的原因及其大小是明确的或可以弄清楚的，因此可以事后对结果进行修正。

偶然误差的大小和正负不一定，完全是偶然性的，可以看作是一个随机变数。测定误差中最重要的是这种误差，应该倍加重视。它是由完全不可控制的各种因素影响产生的。即使已经消除引起恒定误差或系统误差的一切因素，并且无论测定进行得如何仔细，也不可避免这种误差的产生。但是因为可以把它当作随机变数，所以可以用概率论的方法估计它取值的范围。

偶然误差遵从数学期望为零，方差为 σ^2 的正态分布。因此可以根据正态分布的估计理论推测它的大小*。

设有如下关系成立：

$$y = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

* 参照附录4。