

全国中等林业学校教材

测量学

广西壮族自治区林业学校

南京林业学校 合编

辽宁省林业学校

林业专业用

中国林业出版社

全国中等林业学校教材

测 量 学

广西壮族自治区林业学校

南 京 林 业 学 校 合 编

辽 宁 省 林 业 学 校

林 业 专 业 用

中 国 林 业 出 版 社

前 言

本教材是根据1981年在大连召开的全国中等林校林业专业教材编审委员会制定的《测量学》教学大纲，在林业部教育司的领导与关怀下编写而成的，适用于林业专业。全书共分十六章，较详细地介绍了测量学的基本知识、基本理论及测量仪器的构造和使用。重点阐述有关罗盘仪及平面图的测绘；小面积大比例尺地形图测绘；国家基本图的应用；林区公路测量等内容。扼要地介绍了航空摄影测量的基本知识。为满足教学的需要，每章之后附有复习思考题。

本教材由广西壮族自治区林业学校陈惠祥（主编）编写第一、三、五、七、八、十四章，南京林业学校杨德南（副主编）编写第六、九、十、十三、十六章，辽宁省林业学校赵德惠编写第二、四、十一、十二、十五章。1983年3月初稿完成后，刻印成册，发至各兄弟院校广泛征求意见。

1983年7月在广西壮族自治区林业学校召开了审稿会议，由北京林学院韩熙春副教授主审，参加审稿的有南京林学院陶绍训、东北林学院黄定宇、山东省林业学校马继文、牡丹江林业学校谢壮武、安徽省黄山林业学校江海涛、四川省林业学校钟家荣、浙江省林业学校林鑫白等同志。

在本教材编写过程中，北京林学院测量学教研室、东北

林学院测量学教研室、广西农学院林学院分院测量学教研室及有关单位提出了许多宝贵意见，在此一并致谢。

由于编者水平所限，教材中可能存在不少缺点和错误，
谨请批评指正。

编者

1984年5月

目 录

第一章 绪论	1
§ 1—1 测量学的任务及其在林业建设中的作用	1
§ 1—2 测量学发展概况	2
§ 1—3 地面点位的确定	4
§ 1—4 测量工作的基本原则和要求	9
§ 1—5 测量常用单位	11
复习思考题	13
第二章 绘图的基本知识	14
§ 2—1 平面图、地形图、地图和断面图	14
§ 2—2 比例尺	17
§ 2—3 绘图工具	21
§ 2—4 画线	26
§ 2—5 地形图图式	31
§ 2—6 制图字体与注记的配置	36
复习思考题	42
第三章 直线定线与距离丈量	43
§ 3—1 地面点的标志	43
§ 3—2 直线定线	44
§ 3—3 距离丈量	47
§ 3—4 钢尺的检验	55
复习思考题	56
第四章 直线定向及罗盘仪测量	57
§ 4—1 直线定向	57

§ 4—2	罗盘仪的构造	63
§ 4—3	用罗盘仪测定磁方位角	67
§ 4—4	罗盘仪的检验与校正	68
§ 4—5	罗盘仪导线测量	70
§ 4—6	罗盘仪碎部测量	77
§ 4—7	罗盘仪测量注意事项	78
复习思考题		80
第五章 水准测量		82
§ 5—1	高程测量的概念	82
§ 5—2	水准测量原理	84
§ 5—3	水准仪和水准尺	85
§ 5—4	水准测量的一般方法	93
§ 5—5	水准测量的注意事项	98
§ 5—6	水准测量的精度要求及校核方法	100
§ 5—7	水准测量的精度分析	105
§ 5—8	水准仪的检验与校正	108
§ 5—9	面水准测量	115
§ 5—10	自动安平水准仪简介	116
复习思考题		118
第六章 测量误差的基本知识		120
§ 6—1	测量误差的分类	120
§ 6—2	衡量精度的标准	124
§ 6—3	观测值函数的中误差	127
§ 6—4	算术平均值及其中误差	137
复习思考题		141
第七章 经纬仪及其使用		142
§ 7—1	水平角测量原理	142
§ 7—2	游标经纬仪	143
§ 7—3	光学经纬仪	149

§ 7—4 水平角观测	160
§ 7—5 竖角观测	169
§ 7—6 经纬仪的检验与校正	176
§ 7—7 水平角观测的误差及其减弱措施	185
§ 7—8 使用经纬仪的注意事项	192
复习思考题	194
第八章 经纬仪导线测量	196
§ 8—1 平面控制测量概念	196
§ 8—2 经纬仪导线测量的外业工作	200
§ 8—3 经纬仪导线测量的内业计算	203
§ 8—4 导线网简易平差	220
§ 8—5 检查导线测量错误的方法	223
§ 8—6 坐标格网的绘制与展点	225
复习思考题	229
第九章 测角交会和小三角测量	231
§ 9—1 测角交会	231
§ 9—2 小三角测量	237
复习思考题	267
第十章 视距测量	269
§ 10—1 视距测量原理和计算方法	269
§ 10—2 视距常数的测定	277
§ 10—3 等差级数视距尺	279
§ 10—4 视距导线测量	284
§ 10—5 视距测量的精度	286
§ 10—6 视差法测距	290
复习思考题	294
第十一章 平板仪测量	296
§ 11—1 平板仪测量原理	296
§ 11—2 平板仪的构造	297

§ 11—3	平板仪的安置	302
§ 11—4	平板仪测量方法	304
§ 11—5	平板仪的检验与校正	309
复习思考题		312
第十二章 地形图测绘的基本知识		313
§ 12—1	地物的测绘	315
§ 12—2	地貌的测绘	318
§ 12—3	地形测图的方法	329
§ 12—4	地形图的清绘与复制	337
复习思考题		346
第十三章 地形图的应用		347
§ 13—1	高斯投影的概念	347
§ 13—2	地形图的分幅与编号	352
§ 13—3	识图的基本知识	358
§ 13—4	利用地形图解决一些问题	363
§ 13—5	面积计算	378
复习思考题		388
第十四章 林区公路测量		389
§ 14—1	概述	389
§ 14—2	选线	392
§ 14—3	中线测量	397
§ 14—4	圆曲线的测设	403
§ 14—5	路线纵断面水准测量	427
§ 14—6	横断面测量与横断面图的绘制	434
§ 14—7	纵断面图的绘制与纵坡设计	439
§ 14—8	竖曲线	447
§ 14—9	路基设计	449
§ 14—10	土石方计算	456
§ 14—11	路基放样	459

复习思考题	461
第十五章 渠道测量	462
§ 15—1 渠道选线	462
§ 15—2 渠道测量外业	465
§ 15—3 渠道设计	465
§ 15—4 渠道施工放样	469
复习思考题	472
第十六章 航空摄影测量	473
§ 16—1 概述	473
§ 16—2 航空摄影测量的基本知识	473
§ 16—3 航空摄影测量编制地形图的简要过程	490
§ 16—4 利用航空摄影象片编制林业基本图的方法简介	492
§ 16—5 航空摄影象片的判读	505
复习思考题	507

第一章 绪 论

§ 1—1 测量学的任务及其在 林业建设中的作用

测量学是研究地球表面的形状和大小以及确定地面点之间相对位置的科学。它的任务包括两个方面：

1. 测定整个地球或局部地球表面的形状和大小，按一定的比例缩绘成地形图，供科学研究、国防建设和经济建设规划设计使用。

2. 将已在图纸上设计好的各种工程建筑物的位置在地面上标定出来，作为施工的依据，因此称为施工放样。

随着生产和科学的发展，测量学包括的内容越来越丰富，分科也越来越细。假如要研究的仅是地球自然表面上一个小区域，那末将这个小区域投影到球面上时，由于地球的半径很大（6371公里），不考虑地球曲率的影响，而把这块投影球面当作平面看待所进行的测绘工作，属于地形测量学（或称普通测量学）。当研究的对象是地球表面上一个广大区域，甚至整个地球时，必须考虑到地球曲率，就称大地测量学。利用摄影象片来测绘地形图的工作，属于摄影测量学的

范围。因获得象片的方法不同，摄影测量学又可分为地面摄影测量和航空摄影测量学。此外，还可利用卫星象片编制1:100万至1:25万小比例尺地形图。为了满足城市建设、各种大型工矿企业、农田水利及道路修建等方面的需要而发展成专为某种工程建设服务的测量学称为工程测量学。

本教材主要介绍普通测量学和有关农林工程方面必须掌握的测量技术和方法。

测量科学技术在国民经济和国防建设事业中，被广泛应用。在林业生产建设方面，如荒山荒地的调查、宜林地的造林规划设计、苗圃的建立；防护林、水土保持林的营造；林区的开发、森林资源清查；林区道路的勘测，集、运材索道的修建，厂、场址的布局等，都要应用地形图和进行测量工作，所以作为一个林业技术人员必须掌握测量知识。

林业专业学习《测量学》的目的是：通过测量学的基本知识、基本理论的学习和测图训练，能掌握各种常用测量仪器（如罗盘仪、经纬仪、水准仪和钢尺等）的操作及坐标计算的技能，能进行小区域的地形测量和基本的施工测量工作，能识读和应用地形图，以便能应用测量知识为林业建设服务。

§ 1—2 测量学发展概况

测量学是最古老的科学之一，是劳动人民在多年生产实践中总结、创造和发展起来的。我国在测量方面有着悠久的历史，对测量学有许多宝贵的贡献。例如早在公元前21世

纪夏禹在黄河两岸治理水患时，就已发明和应用了“准、绳、规、矩”四种测量工具和方法。到公元前5至3世纪，即战国时代，我国就已利用磁石制成了世界上最早的指南工具，称为“司南”。公元2世纪初，后汉张衡制造了浑天仪，在天文测量方面作出了贡献。3至4世纪魏晋时期的刘徽发明《重差术》，后来编成《海岛算经》一书，论述了有关测量和计算海岛距离及高度的方法。西晋的裴秀（公元224—271年）提出了绘制地图的六条原则，即《制图六体》，是世界上最早的地图制图规范之一。元代郭守敬（1231—1316年），在他倡议下进行了大规模的天文测量，拟定了全国纬度测量计划，共实测了27个点。清末制成《皇舆全图》。

解放后，我国测绘事业进入了一个崭新的发展阶段，取得了很大的成就。国家成立了专门的测绘机构，培养测绘人员的各级学校亦先后成立，在党和政府的关怀下，测绘队伍迅速壮大，在全国布设了国家大地控制网和高程控制网，为社会主义建设提供了测绘基础资料，完成了大量不同比例尺的地形图。还精确测得珠穆朗玛峰的高程为8848.13米，各种工程建设的测量工作也取得了显著成绩。例如根治海河、治理黄河等规划与施工，成昆铁路、川藏、青藏公路，南京长江大桥的修建等，都是通过测绘工作者的辛勤劳动，为设计、施工和验收提供了可靠的依据。在测量仪器制造方面，精密光学经纬仪及具有竖盘自动归零装置的经纬仪、精密水准仪及自动安平水准仪；在电磁波测距仪方面，激光测距仪、微波测距仪及红外测距仪等均已能成批生产。航测仪器也能自己制造了，还研究成功了测绘专用台式电子计算机，

提高了内业计算的效率。

随着近代科学技术如电子学、物理光学、精密机械工艺、电子计算技术等的发展，测绘技术也得到了迅速的发展。如电磁波测距，精度高，速度快，并能大大减轻量距的劳动强度，将逐步代替钢尺量距；在计算技术方面，电子计算机的应用，解决了测量平差的繁重计算工作；航空摄影测量将逐步代替野外地形测图工作；由于航天技术的发展，产生了人造卫星大地测量，这种新技术具有不受气候的影响，可全天候观测，速度快，精度高，且对洲际之间、岛屿与岛屿之间及岛屿与大陆之间的联测既快速又准确。总之，测绘工作正朝着测图自动化、计算电子化及测量资料数字化的方向发展。随着我国社会主义建设事业的高速度发展，对测绘工作必然会提出更多更高的要求。

§ 1—3 地面点位的确定

一、地球的形状和大小

测量工作是在地球表面上进行的，所以必须了解地球的形状和大小。地球自然表面是不规则的，有陆地、海洋、高山和平原等。由于海洋约占整个地球表面的 71%，陆地面积约占 29%，而世界上最高的珠穆朗玛峰高达 8848.13 米，最低的马里亚纳海沟深达 11022 米。这样的高低起伏相对于地球半径来说是很小的，因此地球总的形状可以认为是被海水所包围的球体，也就是设想有一个静止的海水面，向陆地延伸而形成一个封闭的曲面，这个静止的海水面称为水准面。水

水准上任一点的铅垂线，在该点与水准面正交。海水有潮汐，时高时低，所以水准面有无数个，其中与平均海水面相吻合的水准面，称为大地水准面，它所包围的形体，称为大地地球体。

用大地球体代替地球形状本来是恰当的，但由于地球内部质量分布不均匀，引起地面上各点铅垂线方向产生不规则的变化，因而大地水准面实际上是一个有微小起伏的不规则的曲面。如果将地球表面的形状投影到这个不规则的曲面上，在制图和测量的计算上都是非常困难的。为了解决这一问题，用一个与大地水准面非常接近而能用数学公式表达的规则曲面来表示地球的形状，这个规

则的曲面就是参考椭球面，
参考椭球系由椭圆 $PQ'P'Q$

(图 1—1) 绕其短轴 PP' 旋转而成。从图 1—1 中可以看出，参考椭球的形状和大小，是由下列三个元素决定的：

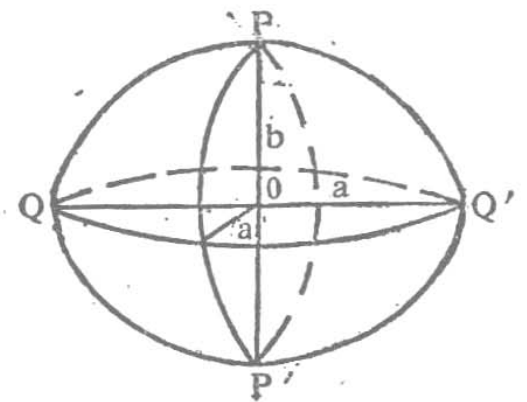


图 1—1 参考椭球

长半轴 a

短半轴 b

$$\text{扁率 } f = \frac{a - b}{a}$$

几个世纪来许多学者曾分别测算出参考椭球的元素值，目前，经卫星大地测量测定的数据较精确，其值为

$$a = 6378137 \text{ 米}$$

$$b = 6356752 \text{ 米}$$

$$f = 1:298.26$$

由于参考椭球的扁率很小，在地形测量学的范围内可把地球作为圆球看待，其半径为

$$R = \frac{1}{3}(a + a + b) = 6371 \text{ 公里}$$

二、地面点位的确定

地面上各种地形都是由一系列连续不断的点子所组成，确定地面上的图形位置，最基本的就是确定地面点的位置。地面上任一点的位置，是以它的坐标及高程来确定的。

(一) 地理坐标 地面上任一点的位置，在球面上通常是用经纬度来表示的。以经度和纬度来确定地面点的绝对位置称为地理坐标。

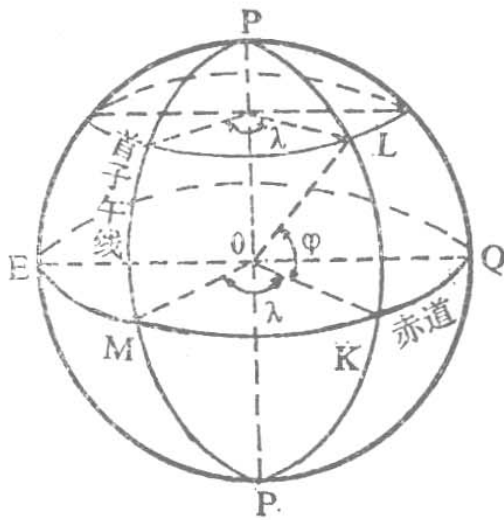


图 1—2 地理坐标

如图 1—2 所示，O 为地球中心， PP_1 为地球旋转轴，简称地轴，通过地轴的平面，称为子午面，子午面与地球表面的交线称为子午线，又称真子午线（经线）。过地心 O，且垂直于地轴的平面称为赤道平面。赤道平面与地球表面的交线，称为赤道。确定地面点的

地理坐标，以赤道平面和通过英国伦敦格林威治天文台原址的子午面（首子午面）分别作为纬度和经度的起算面。

如图 1—2，地面任一点 L 的经度，即通过该点的子午

面 $PLKP_10$ 与首子午面 PMP_10 之间的夹角, 用 λ 表示。经度由首子午面起算, 向东从 $0^\circ-180^\circ$ 为东经, 向西从 $0^\circ-180^\circ$ 为西经。实地上东经 180° 与西经 180° 是在同一个子午面。我国各地的经度都是东经。

L 点的纬度, 即通过该点的铅垂线与赤道平面的交角, 用 φ 表示。纬度自赤道平面起算, 向南、向北各由 $0^\circ-90^\circ$, 在赤道以北者为北纬, 以南者为南纬。我国疆域全部在赤道以北, 各地的纬度都是北纬。

经度 λ 和纬度 φ 称为 L 点的地理坐标, 其值是用天文测量方法测定的。例如某地的经度为东经 $116^\circ 28'$, 纬度为北纬 $39^\circ 54'$ 。

(二) 平面直角坐标 在小区内, 可以用平面代替球面来确定地面点的平面位置 (即半径为 10 公里的范围)。地面点的相对位置, 在平面上是用直角坐标表示的。

平面直角坐标是由两条互相垂直的坐标轴 x 和 y 所构成。如图 1—3 所示, 两轴的交点 O 为坐标原点, 在测量工作中以 $0x$ 轴为纵轴, $0y$ 轴为横轴。地面上任一点 A 在平面上的位置, 是由该点至纵、横坐标轴的垂距 Aa_1 和 Aa_2 来确定的。 Aa_1 为 A

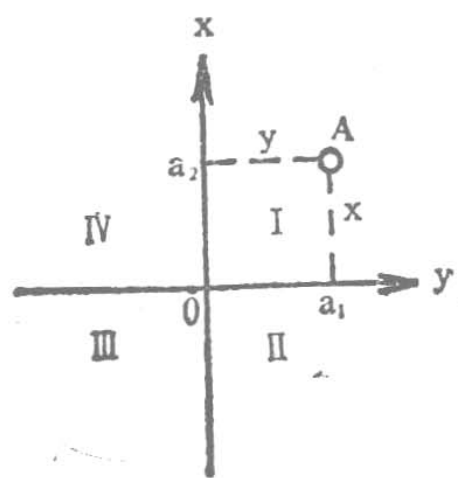


图 1—3 平面直角坐标

点的纵坐标, 以 x 表示; Aa_2 为 A 点的横坐标, 以 y 表示。

通常坐标纵轴 $0x$ 与南北方向一致, 指北者为正, 指南者为负; 坐标横轴 $0y$ 与东西方向一致, 指东者为正, 指西

者为负。测量上所用的直角坐标系除 x 轴和 y 轴与数学上的 x 轴和 y 轴互换位置外，其 I、II、III、IV 象限的顺序也与数学上的顺序相反。这是由于在坐标系中的角度在测量工作中，通常是指从纵轴北端按顺时针方向到某条边的夹角，而三角函数的角则是从横轴按逆时针计的。所以把 x 轴与 y 轴以及象限顺序作上述互换后，全部三角公式不需任何改变就能在测量计算中应用了。

(三) 高程 由于地球表面是起伏不平的，为了完全确定地面点的位置，除前面说明的坐标外，还要确定点的高程。

从地面上一点沿铅垂线方向到大地水准面的距离，称为

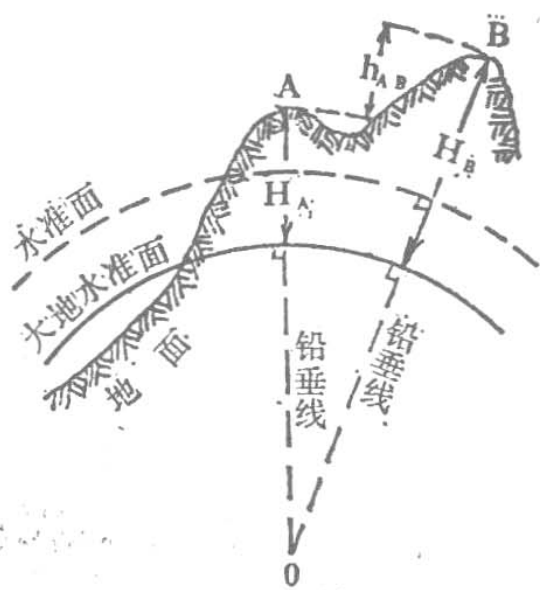


图 1—4 高程和高差

该点的绝对高程，简称高程，又称海拔。如图 1—4，A、B 两点的绝对高程分别为 H_A 、 H_B 。地面点至某一假定水准面的铅垂距离称该点的相对高程或假定高程。两点高程之差 $h_{AB} = H_B - H_A$ 称为高差。高差有正负之分，如 B 高于 A，AB 之

高差 h_{AB} 为正，而 BA 之高差 h_{BA} 则为负。

我国于 1956 年以青岛黄海平均海水面作为全国统一的高程起算面。由该起算面推算的全国所有高程，称为“1956 年黄海高程系”。

确定地面点位的坐标及高程，在实际工作中，并不是直