

790567

5(3)6

2730

高等学校教材

测量学

CE LIANG XUE

(公路与城市道路、桥梁工程专业用)

邹永廉 主编



人民交通出版社

790567

5(3)6

2730

2(3)6
2730

高等学校教材

测 量 学

(公路与城市道路、桥梁工程专业用)

邹 永 廉 主编

人 民 交 通 出 版 社

高等学校教材

测 量 学

(公路与城市道路、桥梁工程专业用)

邹永廉 主编

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 13 字数: 315千

1986年12月 第1版

1986年12月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—22,050 册 定价: 2.15 元

内 容 提 要

本书共14章。1~8章,主要介绍了测量学的基本知识,测量仪器的构造、使用、检校和维护方法,并阐述了测量误差、导线测量、三角测量和测角交会的基本原理和计算方法;9~10章,介绍了大比例尺地形图的测图、识图和用图;11章,介绍了航空摄影测量和地面立体摄影测量的基本原理和成图方法;12~14章,主要介绍了公路、桥梁、隧道工程有关的路线测量,施工中的控制、定位和放样的测量。

本书为高等学校公路与城市道路、桥梁工程专业的教材,也可供工程技术人员和测绘工作者学习参考。

前 言

本书系根据交通部1982年在长沙召开的全国高等学校路桥专业教材编审委员会扩大会议审定的《测量学》教学大纲编写的。全书共分十四章,系统地介绍了测量学的基本知识、基本理论和基本技能。为了满足日益发展的教育改革的需要,有利于教学,本书在第一轮教材的基础上,更新了章节内容,文字上也作了调整。带有星号的部分为加深的內容,可供各院校根据具体情况选用。

本书一、四、五、六章由湖南大学邹永廉编写;二、三、十二、十三、十四章由湖南大学邓德全编写;七、八、九、十章由湖南大学林则政编写,十一章由湖南大学邹新运编写,全书图均由杨惠庄描绘。本书由邹永廉主编,由西安公路学院姚伯泉主审。

本书在编写过程中,得到了交通部第二公路勘察设计院、西安公路学院、交通部第一公路勘察设计院、交通部第一公路工程局、北京建筑工程学院、北京工业大学、南京工学院、同济大学、哈尔滨建筑工程学院、重庆交通学院、长沙交通学院、长沙铁道学院、湖南省公路勘测设计院等各兄弟院校和单位的帮助,在此一并致谢。

由于水平有限,书中一定有不少缺点和错误,希望读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪论	1
第一节 测量学的任务与作用.....	1
第二节 测量学的发展概况.....	1
第三节 地面点位的确定.....	2
第四节 用水平面代替水准面的限度.....	5
第五节 测量的原则和方法.....	6
第二章 水准测量	8
第一节 水准测量的原理.....	8
第二节 水准仪与水准尺.....	9
第三节 水准仪的技术操作.....	12
第四节 水准测量的实施.....	13
第五节 水准仪的检验与校正.....	16
第六节 水准测量误差.....	18
第七节 三、四等水准测量.....	19
第八节 自动安平水准仪.....	23
第九节 精密水准仪与精密水准尺.....	24
第十节 测量仪器的维护与保管.....	26
第十一节 我国水准仪系列标准.....	26
第三章 角度测量	28
第一节 角度测量原理.....	28
第二节 光学经纬仪.....	28
第三节 水平角测量.....	32
第四节 竖直角观测.....	35
第五节 经纬仪的检验与校正.....	37
第六节 水平角测量误差.....	40
第七节 游标经纬仪.....	42
第四章 距离测量	44
第一节 钢尺一般量距.....	44
第二节 钢尺精密量距.....	47
第三节 丈量误差与注意事项.....	49
第四节 视差法测距.....	50
第五节 红外光电测距仪.....	53
第五章 直线定向	57
第一节 直线定向.....	57

第二节	罗盘仪测定磁方位角	59
第三节	陀螺经纬仪测定真方位角	60
第六章	测量误差的基本知识	63
第一节	测量误差的分类	63
第二节	算术平均值	64
第三节	评定精度的标准	65
第四节	误差传播定律	67
第五节	误差传播定律应用示例	70
第六节	带权平均值及其中误差	73
第七章	导线测量	78
第一节	导线的形式与等级	78
第二节	导线测量的外业	79
第三节	导线测量的内业计算	82
第四节	导线测量个别错误的检查	88
第五节	自由导线点位误差的估算	88
第六节	导线的改化和坐标换带	90
第八章	小三角测量和测角交会	94
第一节	小三角网的形式与等级	94
第二节	小三角测量的外业	95
第三节	单三角锁的计算	96
第四节	中点多边形的计算	100
第五节	大地四边形的计算	102
第六节	线形三角锁的计算	104
第七节	测角交会	108
第九章	地形测量	113
第一节	地物的表示方法	113
第二节	地貌的表示方法	115
第三节	视距测量	118
第四节	平板仪及其使用	121
第五节	测站点的加密	123
第六节	测图前的准备工作	125
第七节	碎部测量	127
第八节	地形图的拼接、整饰与检查	129
第十章	地形图的应用	131
第一节	地形图的分幅与编号	131
第二节	阅图的基本知识	133
第三节	地形图的应用	135
第十一章	摄影测量的基本知识	141
第一节	航空摄影象片及其几何特性	141
第二节	象对的立体观察与量测	143

第三节	航摄像片的判读.....	146
第四节	航测成图方法简介.....	148
第五节	象片图.....	151
第六节	地面立体摄影测量.....	152
第十二章	公路中线测量.....	155
第一节	交点和转点的测设.....	155
第二节	转角测定和里程桩设置.....	157
第三节	圆曲线主点测设.....	159
第四节	圆曲线的详细测设.....	160
第五节	困难地段圆曲线测设.....	163
第六节	复曲线测设.....	166
第七节	回头曲线.....	168
第八节	缓和曲线.....	169
第九节	高速公路回旋曲线简介.....	175
第十节	长大曲线的测设.....	176
第十三章	路线纵、横断面测量.....	178
第一节	基平测量.....	178
第二节	中平测量.....	179
第三节	横断面测量.....	182
第十四章	施工测量.....	185
第一节	施工放样的基本方法.....	185
第二节	路基边坡与边桩的放样.....	187
第三节	桥梁施工控制网的建立.....	189
第四节	桥梁墩台中心定位.....	190
第五节	隧道洞内外控制测量.....	192
第六节	竖井联系测量.....	195

第一章 绪 论

第一节 测量学的任务与作用

测量学是一门测定地面点位、研究地球形状和大小的科学。根据不同的任务和对象，近代测量学已划分为几门专业性的学科。

大地测量学 它的基本任务是研究在广大地区内建立国家大地控制网、测定地球形状和大小，研究地球重力场的理论和测定方法，为各种专业性测量、地图编制，以及其它与地球有关的科学研究提供理论依据。近年来，由于人造地球卫星和遥感技术的使用，大地测量学又分成常规大地测量和人卫大地测量。

地形测量学 它的任务是研究在测区内建立图根控制网，测绘地物地貌，以及有关测量仪器的使用方法，为地形测图和用图提供必要的技能。

摄影测量学 它的主要研究对象，就是将地面有关的、利用辐射能所获得的图象信息，包括以模拟形式和数字形式搜集的信息，经过室内外的分析、处理和量测，把中心投射的影象转化为正射投影的地形图，从而表达地面物体的形状、大小和空间位置。近年来，摄影测量除常规用于地形测图之外，还广泛用于“非地形摄影测量”的其它领域。根据摄影的方式不同，摄影测量又细分为地面摄影测量、航空摄影测量、水下摄影测量和航天摄影测量。

工程测量学 着重研究工程建设在勘测、设计、施工和管理阶段所需要进行的测量。它主要包括：工程控制网的建立、地形测绘、施工放样、设备安装、竣工测量、变形观测和维修保养等有关测量的理论和技能。

测绘科学的应用范围非常广泛。在经济建设中，无论是资源调查、能源开发、交通运输、城乡建设，还是经营管理和环境保护等都需要进行大量的测图——调查或勘测阶段；用图——规划或设计阶段：放图（按设计图放样）——开发或施工阶段。在国防建设中，地形图的测量和应用，除军事工程和编制特种军用图外，还广泛用于战略部署和战役指挥。在科学研究方面，如地壳的升降、海岸的变迁、地极运动、地震预测、灾情监视、人造卫星的发射和回收等，也都需要测量工作。我国幅员辽阔，资源丰富，工业、农业、国防和科学技术的发展已进入了全面开创社会主义现代化的新时代。测量是建设的尖兵和先行，在这新的历史发展阶段中，它必将发挥着更大的作用。

第二节 测量学的发展概况

测量学是一门古老的学科。远在公元前，人们就开始根据社会生产发展的需要，创造各式测量工具，从事测量活动。我国是世界文明古国之一。远古时代，我国就开始了观测日、月、五星，定一年的长短；发明了著名的“准、绳、规、矩”测量工具和世界上最早的指南针；随后又创制了浑天仪，制订了世界上最早的地形测量规范“重差术”和地图制图规范《制图六体》……。我国古代人民对世界测量学的发展作出了卓越的贡献。

测量学最初用于土地整理。随着生产和科学的发展,测量工具也有较大的发展。十七世纪发明了望远镜,测量学向前迈进了一大步。十九世纪末发明了航空摄影测量,它不仅使大部分外业测图工作转入室内,从而降低了野外劳动强度,缩短了成图周期;而且能迅速、综合、客观地搜集地面目标的情况,这对军事侦察、灾情监视、资源勘查更具有重要意义。二十世纪以来,测量科学进入了前所未有的发展阶段。在大地测量方面,由于航天技术的发展和运用,产生了卫星大地测量。这是采用地面接收站接收卫星在通过时刻所发出的卫星信息,经过数据处理来获得接收站的坐标。利用这种新技术解决大地测量问题具有全球性、全天候、速度快、精度高、投资少的优点。美国多普勒定位系统的精度,目前已达1m以下。在摄影测量方面,由于电子计算机,相关器和遥感技术的应用,使测量实现了自动化、数字化和程序化。利用象片测量的方法有两种,一是近景摄影测量,主要用于动态物的测量,如变形观测等;一是影象地图,即带有象片影象的地形图。在仪器方面,四十年代制造了自动安平水准仪。随后,利用惯性原理制造了陀螺经纬仪;利用电子、激光技术制造了一系列的激光、红外、微波、雷达等测距仪,以及有关的激光水准、准直和定位仪器;而且这些仪器正朝向自动化、全能化和微型化上发展。测量学正经历着巨大的变革时代。

新中国成立以后,我国的测绘事业得到了飞速发展。国家成立了测绘总局和省市测绘局,创建了研究所和勘测机构,开办了专业院校,培养了大批专业人材。为了满足国家经济建设的需要,在全国范围内建立了大地控制网,统一了全国坐标系统和高程系统,测绘了国家的基本地形图和大量的工程用图。大地测量、航空摄影测量、工程测量都有很大的发展。在仪器制造上,除生产成套的精密光学仪器外,还生产各种专用的多功能的近代电子仪器,为测绘事业的发展作出了积极的贡献。目前,我国已进入了全面开创社会主义现代化建设新局面的时代,测绘事业必将得到更新,更大的发展。

第三节 地面点位的确定

测量上确定地面点的空间位置,是采用在基准面上建立坐标系,通过对距离、角度、高差三个基本量的测量来实现的。测量的工作对象是地球,它选择的基准面,直接与地球的形状有关。

一、地球的形状和大小

地球总的形状,可用两级近似概括来描述:一级近似概括为圆球,半径约为6371km,二级近似概括为椭球(图1-1)。1979年,结合卫星大地联测的计算成果,国际第四次推荐的参考椭球元素的新值为:

长半轴 $a = 6378.137\text{km}$

短半轴 $b = 6356.752\text{km}$

扁率 $\alpha = (a - b)/a = 1/298.257$

地球表面被海水覆盖的面积约占3/4,高于海面的珠穆朗玛峰不超过9km,低于海面的马里亚纳海沟仅11km,这与地球半径6371km相比,可以忽略不计。因此,地球总的形体可视为由海水面包围着的球体。

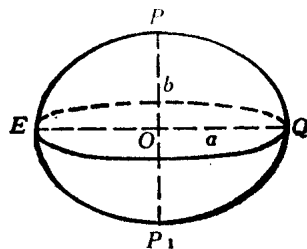


图 1-1

自由静止的水面称为水准面（重力等位面），水准面处处与铅垂线（重力作用的方向线）正交。水准面有无限多个，其中通过平均海洋面的那个水准面称为大地水准面。通过地验潮站所确定的平均海面，称为高程基准面，作为地面点高程的起算面。

大地水准面包围的形体称为大地体，它非常接近一个两极扁平，赤道隆起的椭球。由于地球内部质量分布不均引起铅垂线方向变化，使大地水准面为一个复杂而又不易用数学式表达的曲面。因此，测量上选用一个和大地水准面总形非常接近的数学形体来代表地球形体。这个形体是以椭圆绕其短轴旋转的椭球（图1-1）称为参考椭球，其形状大小以元素 a 、 b 、 α 表达。

测量工作是以参考椭球体作为计算的基准面，并在这个面上建立了大地坐标系，从而确定了地面点的位置。

二、测量坐标系

1. 地理坐标 地面点在大地水准面的投影位置，通常采用地理坐标经度 λ 、纬度 φ 来确定（图1-2）。

通过地球旋转轴的面称为子午面，子午面与球面的交线称为子午线。通过地面某点 L 的子午面 $PLKP_1O$ 与首子午面 PMP_1O 之间所组成的二面角 λ ，称为该点的经度。经度由首子午面向东向西各由 $0^\circ \sim 180^\circ$ 量度，在东的称为东经，以西的称为西经。

过 L 点的铅垂线 LO 与赤道平面 $EMKQO$ 之间的夹角 φ ，称为该点的纬度。纬度以赤道起算，向北向南各由 $0^\circ \sim 90^\circ$ ，以北的称为北纬，以南的称为南纬。例如北京某点的地理坐标为：东经 $116^\circ 28'$ ，北纬 $39^\circ 54'$ 。地理坐标，是通过天文测量方法测定的。

2. 平面直角坐标 在小范围内，可以把球面当作平面，用平面直角坐标来确定点位。

测量采用的平面直角坐标与数学上的基本相似，但坐标轴互换，象限顺序相反（图1-3）。测量上通常确定直线的方向，是以坐标轴北端为准，顺时针方向量度的。当采用上述坐标后，便可直接应用三角公式进行测量坐标的计算。平面直角坐标的原点，有时是假定的。

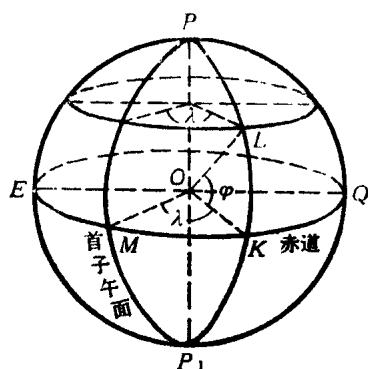


图 1-2

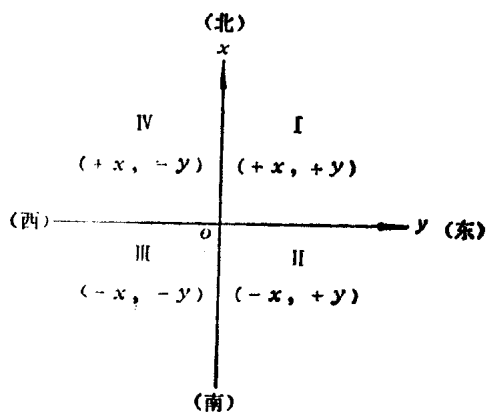


图 1-3

3. 高斯-克吕格坐标 当球面上的点位转换到平面上时，必须采用地图投影的方法将地理坐标转化为平面直角坐标。我国采用高斯投影的方法，高斯-克吕格坐标，就是建立在高斯投影平面上的直角坐标，它是一种球面坐标与平面坐标相联系的轴系。

高斯投影是以 0° 子午线起，每隔经差 6° 自西向东分带，称为 6° 带。带号 N 依次编为 $1 \sim$

60. 位于各带边缘的子午线，称为分带子午线；位于各带中央的子午线，称为中央子午线或轴子午线，其经度 λ_0 可按下式计算：

$$\lambda_0 = 6N - 3 \quad (1-1)$$

投影时，分别将中央子午线与投影面相切，按中央子午线投影为直线且长度不变和赤道投影为直线的条件进行投影。投影后、展开投影面（即高斯投影平面）除中央子午线与赤道构成两条相互垂直的直线外，其余子午线均为对称于中央子午线的曲线，而且离中央子午线愈远变形愈大（图1-4）。为了控制变形，也有采用3°带的。

采用分带投影后，取各带中央子午线与赤道交点为原点，中央子午线为 x 轴，赤道为 y 轴，从而建立起每个投影带独立的高斯-克吕格平面直角坐标系。这样就可以把球面上的点，按高斯-克吕格投影公式将球面坐标转换为平面直角坐标点绘在平面上。

我国位于北半球，纵坐标均为正，横坐标则有正有负。为了避免出现负值，规定将坐标纵轴西移 500km（图1-5）。为了区别不同带的坐标，还规定在横坐标值（称为自然值）前加注投影带号（称为通用值）。设 A 点位于 15 带，横坐标的自然值为 $y'_A = 25833.20\text{m}$ ，则通用值应为 $y_A = 1525833.20\text{m}$ 。

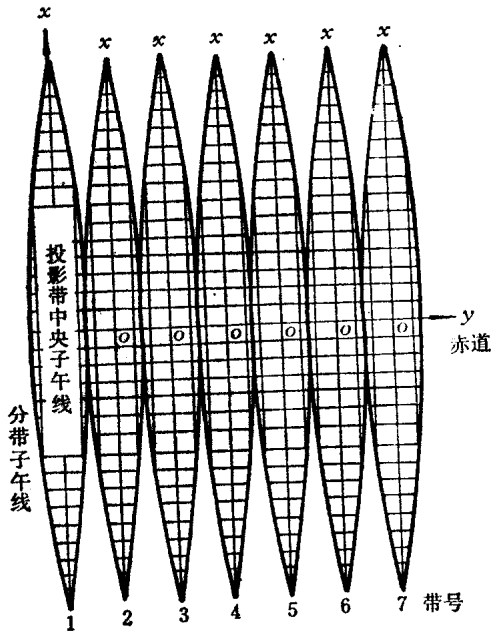


图 1-4

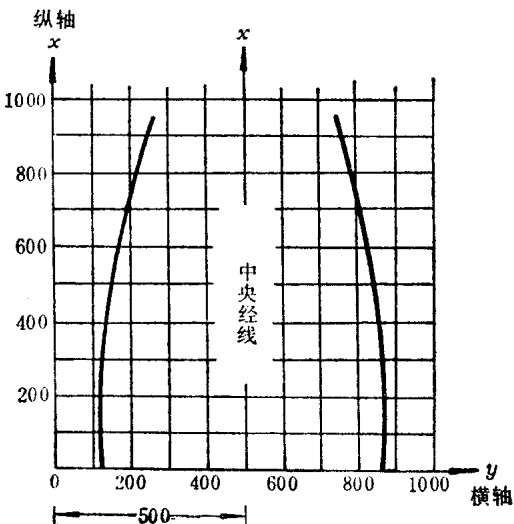


图 1-5

4. 高程 地面点至高程基准面的铅垂距离，称为绝对高程，简称高程或海拔，以 H 表示（图1-6）。我国规定采用青岛验潮站 1956 年统计资料所确定的黄海平均水面作为全国统一的高程基准面。根据该面所建立的青岛原点所推算的高程系统，称为“1956 年黄海高程系统”。在局部地区引用绝对高程有困难时，也可以假定一个水准面作为高程起算面。地面点至假定水准面的铅垂距离，称为相对高程或假定高程，用 H' 表示。

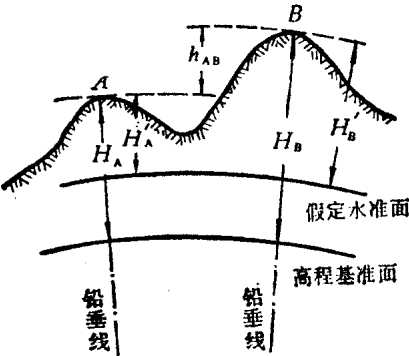


图 1-6

两点高程之差称为高差，以 h 表示，即

$$h_{AB} = H_A - H_B = H'_A - H'_B$$

三、测量定位元素

确定地面点在投影面上的位置，无论采用那种坐标系，都将直接与三个定位元素：距离、角度和高差有关。如图 1-7 所示， a 、 b 、 c 为地面点在水平面上的投影位置。确定这些位置不是直接在地上测定它们的坐标和高程，而是测定相邻点间的距离 D_1 、 D_2 、 D_3 ，水平角 β_1 、 β_2 、 β_3 和高差 h ，根据已知点 I、II 的坐标、高程和 I、II 线段的方向，推算 a 、 b 、 c 各点的坐标和高程来确定的。

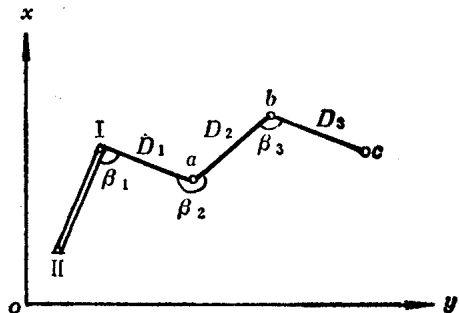


图 1-7

此外，建筑物的定位、放样和安装时，也都需要三个基本量。距离、角度、高差，是确定点位的三个基本元素。

第四节 用水平面代替水准面的限度

用水平面代替水准面，只有在小区域范围内，其影响不超过测量与制图的误差时，才允许。下面就其影响来研究区域的限度。

一、距离的影响

设 A 、 B 点在水准面上的弧长为 D ，水平面上的距离为 D' （图 1-8），两者之差 ΔD 就是水平面代替曲面所引起对距离的影响。将水准面近似地看作圆球，半径 $R = 6371\text{km}$ ，由图可知，

$$\Delta D = D' - D = R \tan \alpha - R \alpha = R(\tan \alpha - \alpha)$$

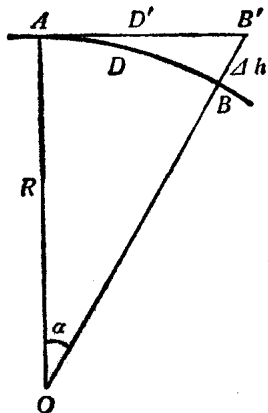


图 1-8

将 $\tan \alpha = \alpha + \frac{1}{8} \alpha^3 + \dots$ 按级数展开并取前两项代入上式

$$\Delta D = R \left(\alpha + \frac{1}{8} \alpha^3 - \alpha \right) = R \frac{\alpha^3}{8}$$

$$\text{因 } \alpha = D/R, \quad \text{则 } \Delta D = \frac{D^3}{3R^2} \quad \text{或} \quad \frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2}$$

(1-2)

$$\text{当 } D = 10\text{km} \quad \frac{\Delta D}{D} = \frac{1}{1220000}$$

$$\text{当 } D = 20\text{km} \quad \frac{\Delta D}{D} = \frac{1}{305000}$$

可以看出，当距离为 10km 时，对距离的影响为长度的 $1/1220000$ ，而最精密的距离丈量容许误差才为其长度的 $1/1000000$ ，因此在半径为 10km 的范围内，用水平面代水准面所

产生对距离的影响可以忽略不计。实际上，对一般土建工程，测量半径在 20km 范围内，也是允许的。

二、高差的影响

图 1-8 中，A、B 两点在同一水准面上，其高差应为零。但当 B 点投影到水平面上为 B' 时，两点的高差 $\Delta h = BB'$ 却不为零， Δh 即为由水平面代曲面对高差的影响。

$$\Delta h = OB' - OB = R \sec \alpha - R = R(\sec \alpha - 1)$$

已知 $\sec \alpha = 1 + \frac{1}{2} \alpha^2 + \dots$ ，取级数的前两项并以 $\alpha = D/R$ 代入上式

$$\Delta h = R \left(1 + \frac{1}{2} \alpha^2 \right) - R = \frac{D^2}{2R} \quad (1-3)$$

当 $D = 1 \text{ km}$ $\Delta h = 8 \text{ cm}$

当 $D = 10 \text{ km}$ $\Delta h = 780 \text{ cm}$

从上述计算表明，地球曲率的影响，对高差而言，即是在很短的距离内，也必须加以考虑。

第五节 测量的原则和方法

测量的目的是为了确定地面点的平面位置和高程，以便根据这些点位测绘地形图或为施工提供必要资料。在测量工作中不可避免地会产生误差，甚至还可能出现错误。如果测量从任一点开始，逐点施测，不加任何控制和检查，前一点的误差传递到后一点，最后误差累积的结果，可能达到不可容许的程度。因此，必须采用正确的程序和方法，以防止误差过大的累积。

正确的测量程序和方法是按照“从整体到局部”，“由高级到低级”，“先控制后碎部”的原则分层次进行的。以测图为例（图 1-9），在测区内先选择若干个具有控制意义的点 A、B、C、D…，称为控制点，用较高的精度测定它们的相对位置，称为控制测量；然后，根据控制点的位置，用低一些的精度测定它周围的地物、地貌特征点，称为碎部测量。即将整个测量工作分为控制测量和碎部测量。由于碎部点的位置是根据周围控制点独立地测定的，所以控制了误差的大小和传递范围，使整个测区的精度较为均匀和统一。



图 1-9

控制测量，包括平面控制和高程控制。平面控制测量又分为三角测量和导线测量。三角测量是将选择的控制点连成三角形，并构成锁状和网状（图 1-10 粗线和细线部分），测定其

中某边（称为基线边）的水平距离以及每个三角形的内角；然后，推算控制点（三角点）的坐标。导线测量是将控制点依次连成折线或多边形（图1-11），测定所有的转折角和边长，再计算导线点坐标。

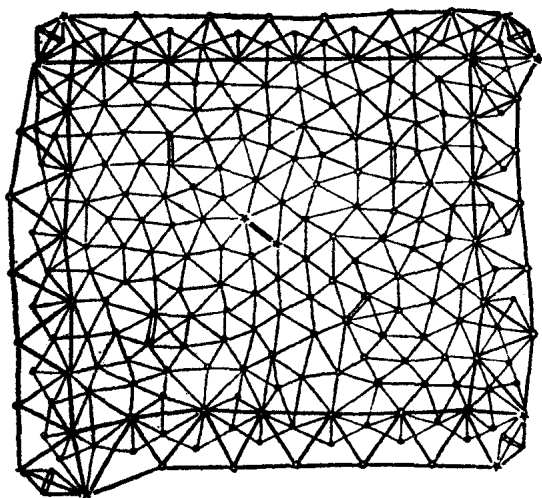


图 1-10

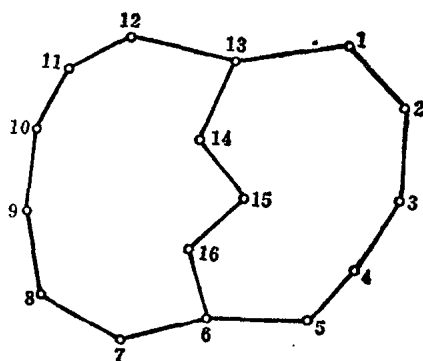


图 1-11

国家基本的平面控制网，主要是采用三角测量的方法建立的。三角测量分为四个等级，一等精度最高，由纵横交叉的三角锁构成（图1-10）。锁段长为200km，两端基线长不小于5km，三角形边长为20~25km。二等三角布置于一等三角锁环内，构成三角网，边长一般为13km。三、四等三角为二等三角网加密。三等网点的边长一般为8km，四等为2~6km，是在三等网点的基础上加密的。三、四等三角网是地形测量和工程测量的基础。

导线测量按其精度分为精密导线测量和图根导线测量。精密导线测量可以代替同级的三角测量，而图根导线测量则直接用于加密测图控制点，在小范围内，也可以作为独立的测图控制。

高程控制测量分为水准测量和三角高程测量。国家高程控制网是用水准测量的方法建立的，按其精度也分为四等，一等的精度最高。三、四等水准测量除了用于加密二等水准网外，还直接为地形测量和工程测量提供高程控制点。

碎部测量有两种方法：一种是预先将控制点展绘在图纸上，然后在野外进行碎部测量，绘制地形图；另一种则是在控制测量的基础上以摄影象片为依据，在室内经过加工处理，利用图象的特征点，绘制各种地形图，象片平面图或影象地形图。

测量工作有外业与内业之分。在野外利用测量仪器和工具，测定地面点位间的距离、角度和高差，称为测量外业。在室内将外业测量成果进行整理、计算和绘图，称为测量内业。

综合上述，研究地面点位的相互关系，是测量的基本内容；测角、量距、测高差，是测量的基本工作；而测、算、绘，则是测量的基本功。

第二章 水准测量

第一节 水准测量的原理

水准测量是测定地面高程的一种基本方法。如图2-1，其原理是：利用水准仪建立一条水平视线，并于立在 A、B 两点的水准尺上截取读数 a 与 b ，则两点高差 h_{AB} 为：

$$h_{AB} = a - b \quad (2-1)$$

当 $a > b$ 时， h_{AB} 为正，表示 B 高于 A； $a < b$ ， h_{AB} 为负，表示 B 低于 A。

若已知 A 点的高程 H_A ，则 a 称为后视读数， b 称为前视读数，待测点 B 的高程 H_B 可写为：

$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (2-2)$$

按上式利用高差计算高程的方法，称为高差法。

将式 (2-1) 代入式 (2-2)，则

$$H_B = (H_A + a) - b = H_i - b \quad (2-3)$$

令 $H_A + a = H_i$ ，称为视线高程，按式 (2-3) 用视线高程计算高程的方法，称为视线高程法。

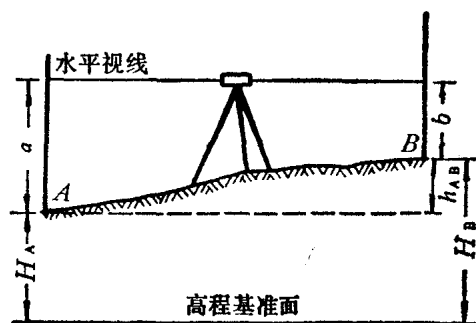


图 2-1

当 A、B 两点高差较大或相距较远，一站仪器不能测定其高差时，则可采用转站、分段的方法进行测量。如图2-2，设已知 A 点的高程 H_A ，欲测 B 点的高程 H_B 时，可将仪器置于 I 站。一尺立于 A；另一尺手在前进方向的适当地方，选一稳固的用于传递高程的转点 ZD_1 立尺。当仪器视线水平后，先读后视 a_1 ，转镜再读前视 b_1 ，得第一分段高差 h_1 。同理，仪器搬至 II 站， ZD_1 点的尺转过面仍立于原地，将 A 点尺立于转点 ZD_2 上，读数 a_2 、 b_2 ，得 h_2 。以此类推，直至测到 B 点为止。

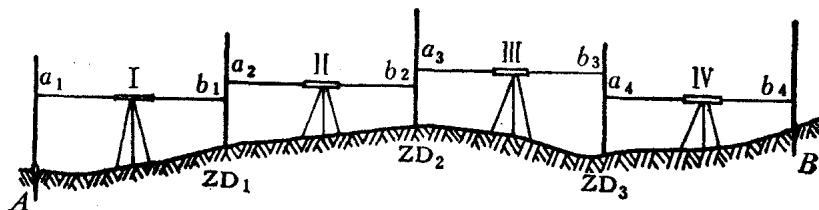


图 2-2

因
则

$$h_i = a_i - b_i \quad (i = 1, 2, 3 \dots)$$

$$h_{AB} = \sum h = \sum a - \sum b$$

(2-4)

$$H_B = H_A + h_{AB}$$

也可由转点依次将高程传递至 B 点，即

$$ZD_1 \text{ 点高程 } H_1 = H_A + h_1$$

$$ZD_2 \text{ 点高程 } H_2 = H_1 + h_2$$

.....

$$B \text{ 点高程 } H_B = H_{n-1} + h_n$$

由此可见，水准测量就是利用水平视线将已知点的高程传到未知点；它的实质是两点高差测定。水准测量是高程测量中精度高、用途广的一种方法。高程测量还有三角高程测量法和气压高程测量法。本章只介绍水准测量。

第二节 水准仪与水准尺

我国生产的水准仪按其系列标准分为 DS_{05} 、 DS_1 、 DS_3 、 DS_{10} 、 DS_{20} 共五个等级，其中“D”和“S”分别为“大地测量”和“水准测量”的汉语拼音字头，05、1、3、10及20表示仪器的精度等级。其中 DS_3 （简称 S_3 ）水准仪是水准测量中的常用仪器（图2-3）。

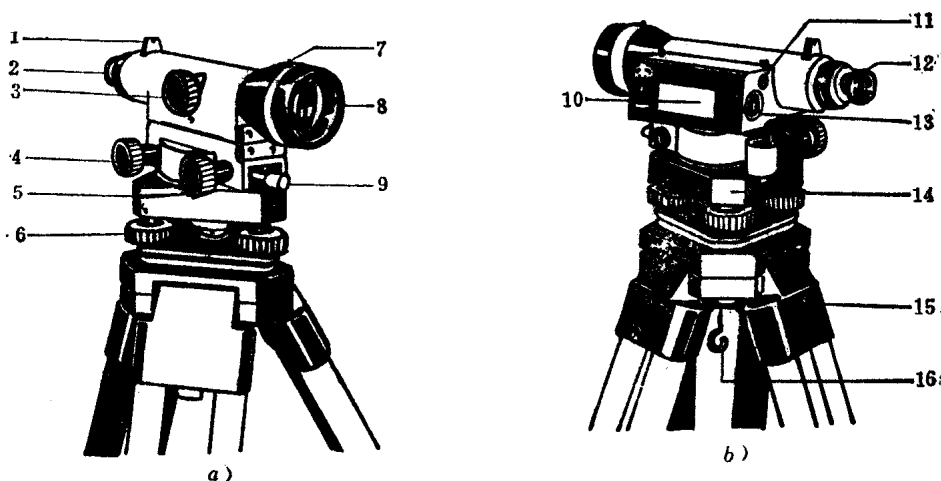


图 2-3

1-照门；2-目镜；3-物镜对光螺旋；4-微倾螺旋；5-水平微动螺旋；6-脚螺旋；7-准星；8-物镜；9-水平制动螺旋；10-管水准器；11-符合水准器观察镜；12-目镜对光螺旋；13-管水准器校正螺丝；14-圆水准器；15-脚架；16-连接螺旋

一、水准仪的构造

水准仪主要由望远镜、水准器和基座三部分构成。

1. 望远镜 望远镜的作用，一是能看清不同距离的目标；二是提供一条能瞄准目标的视线（轴）。它由物镜1、镜筒2、调焦透镜3、十字丝4、目镜6等部件构成（图2-4）。物镜和十字丝分划板都固定在镜筒2内，调焦透镜3与筒外物镜对光螺旋5相连，转动物镜对光螺旋5，调焦透镜3则可沿光轴前后移动，使远近不同目标都能成象在十字丝分划板上。目镜筒装在分划板后面，起放大十字丝平面上物象的作用，转动目镜对光螺旋7，目镜在筒内前后移动，可使物象和十字丝影象清晰。

十字丝分划板（图2-5）是直径约为10mm、厚度为1~2mm的平板玻璃，在一个面上刻有互相垂直的纵横细线，称为十字丝。十字丝中心交点与物镜光心的连线，称为视准轴，为照准目标的视准线。垂直于纵丝的上下两条短线，称为视距丝，是配合水准尺作视距测量用的。