

● 清华大学土木工程系测量教研组

普通测量

(第四版)



普通测量

(第四版)

清华大学土木工程系测量教研组

1497/13



中国建筑工业出版社

406752

本书为《普通测量》第四版修订本，共列十四章。保留了测量学的传统内容，如测量仪器的构造、使用和误差理论的基本知识；平面控制测量及高程控制测量；大比例尺地形图的测绘，摄影测量及地形图的应用；建筑、线路、水利工程施工测量，变形观测、倾斜观测、裂缝观测等。并注意删繁就简、突出重点，同时介绍了电子经纬仪、精密工程水准、电子速测仪及自动成图原理、数字地面模型及其应用的知识及电磁波测距三角高程测量等新技术；增加了地籍测量、竣工测量及高层建筑施工放样等内容；在测量误差部分还介绍了最小二乘法原理及其简单的应用。

本书可作为高等学校非测量专业的测量课教科书或教学参考书，也可供测量和土建工程技术人员参考使用。

普 通 测 量

(第 四 版)

清华大学土木工程系测量教研组

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本：787×1092毫米 1/16 印张：18 $\frac{1}{4}$ 字数：441 千字

1999年7月第四版 1999年7月第八次印刷

印数：341,821—348,556册 定价：7.50元

ISBN 7-112-01078-0/TU·782

(6152)

第四版前言

本书自1973年初版以来,深受读者好评,两次再版、七次印刷,累计发行量已达34万余册,广大读者的热情赞扬和支持,给我们带来了动力,鞭策我们为追求本书内容的不断充实和完善孜孜探索和实践。

随着测绘科技的迅速发展,普通测量也注入了大量的新技术,为了满足读者的需要,我们对《普通测量》(第三版)再次进行修订。在本次(第四版)修订中,一方面将传统的基本测量方法删繁就简、突出要点;对基础理论力求讲得简明透彻,同时较多地介绍了目前普通测量中发展起来的一些主要的新技术,如电子经纬仪,精密工程水准,电子速测仪及自动成图基本原理,数字地面模型知识以及电磁波测距三角高程测量方法等。为适应当前实际工作的需要还增加了地籍测量,竣工测量及高层建筑施工放样等内容。在测量误差部分,力图从概率和数理统计的角度来较为透彻地阐明衡量精度的标准和处理数据的基本原理,并介绍了最小二乘法基本原理及其简单的应用,以使读者具有这方面的初步知识。第四版较前一版压缩了字数,取消了分篇,共列出十四章。

本书由杨德骥、刘永明主编,参加编写的有杨德骥、刘永明、郑国忠、过静玮、季如进。全书插图由黄振杰绘制。

在本版修订过程中,我们征集了许多兄弟院校和生产单位的教授、专家的意见,由于征集的面比较广,恕不一一列名,谨此一并致谢。

本书可选作高等院校非测量专业的测量课教材或教学参考书,也可供测量和土建工程技术人员参考使用。

由于编者水平所限,时间仓促,缺点和疏漏在所难免,谨请读者批评指正。

编者

1989年10月

目 录

第一章 绪论	1	§ 5-3 视距测量计算公式	74
§ 1-1 普通测量的任务及意义	1	§ 5-4 视距测量误差来源	75
§ 1-2 地面点位置确定的原理	1	第六章 测量误差及数据处理的基本知识	77
§ 1-3 测量上的基准线和基准面	2	§ 6-1 概述	77
§ 1-4 地理坐标、高斯直角坐标及平面直角坐标	4	§ 6-2 测量误差的种类	78
§ 1-5 地面点的高程	7	§ 6-3 偶然误差的特性及其概率密度函数	79
§ 1-6 测量的基本工作	8	§ 6-4 衡量观测值精度的标准	81
第二章 角度测量	9	§ 6-5 中误差的传播公式	85
§ 2-1 水平角和竖直角测量原理	9	§ 6-6 同精度直接观测平差	89
§ 2-2 DJ6型(6°级)光学经纬仪	9	§ 6-7 不同精度直接观测平差	92
§ 2-3 2°级光学经纬仪读数系统	16	§ 6-8 最小二乘法原理及其应用	96
§ 2-4 水平角观测	18	第七章 平面控制测量	104
§ 2-5 水平角观测的误差来源及注意事项	21	§ 7-1 控制测量概述	104
§ 2-6 竖直角测量	25	§ 7-2 导线种类及其外业	106
§ 2-7 经纬仪的检验与校正	29	§ 7-3 导线测量的内业计算	109
§ 2-8 电子经纬仪	32	§ 7-4 结点导线	114
第三章 水准测量	38	§ 7-5 小三角测量	116
§ 3-1 水准测量原理	38	§ 7-6 中点多边形和大地四边形的计算	125
§ 3-2 水准仪和水准尺	39	§ 7-7 交会定点	128
§ 3-3 水准测量方法	41	第八章 高程控制测量	137
§ 3-4 水准测量高程计算及精度评定	43	§ 8-1 高程控制测量概述	137
§ 3-5 水准仪的检验与校正	45	§ 8-2 三、四等水准测量	138
§ 3-6 水准测量误差分析及观测注意事项	47	§ 8-3 三角高程测量	141
§ 3-7 自动安平水准仪	48	§ 8-4 电磁波测距三角高程测量	144
§ 3-8 精密水准仪及水准尺	50	第九章 大比例尺地形图的测绘	148
第四章 距离测量及直线定向	53	§ 9-1 地物和地貌在地形图上的表示方法	148
§ 4-1 钢尺量距	53	§ 9-2 测图的准备工作	157
§ 4-2 钢尺量距的误差来源	56	§ 9-3 经纬仪测绘法	159
§ 4-3 电磁波测距	57	§ 9-4 平板测图法	162
§ 4-4 直线定向	67	§ 9-5 选择立尺点的方法和测图内容的取舍	165
第五章 视距测量	72	§ 9-6 地物和地貌的勾绘	167
§ 5-1 视距测量概念	72		
§ 5-2 视距测量原理	72		

§ 9-7 地形图的拼接、整饰和检查.....168	第十二章 施工测量的基本工作.....222
§ 9-8 电子速测测绘法.....169	§ 12-1 概述222
§ 9-9 地籍测量.....172	§ 12-2 已知水平距离的测设方法222
第十章 摄影测量.....175	§ 12-3 已知角度的测设方法223
§ 10-1 航空摄影和对航空象片的要求175	§ 12-4 点的平面位置的测设方法224
§ 10-2 航摄像片与地形图的差别177	§ 12-5 点的高程位置的测设方法226
§ 10-3 野外调绘179	第十三章 建筑施工测量和变形观测.....228
§ 10-4 象片纠正与象片平面图的编制181	§ 13-1 概述228
§ 10-5 立体观察和立体量测原理183	§ 13-2 民用建筑主轴线的测设228
§ 10-6 立体测图188	§ 13-3 民用建筑的放线、抄平测量230
§ 10-7 近景摄影测量192	§ 13-4 工业厂房主轴线和矩形控制网的 测设232
§ 10-8 数字地面模型195	§ 13-5 工业厂房的放线、抄平测量234
第十一章 地形图的应用202	§ 13-6 烟囱的施工测量237
§ 11-1 概述202	§ 13-7 高层建筑施工测量240
§ 11-2 地形图应用的基本内容203	§ 13-8 竣工测量243
§ 11-3 土地整理中的地形图应用207	§ 13-9 建筑物的沉降观测244
§ 11-4 城市用地的地形分析211	§ 13-10 建筑物的倾斜观测和裂缝观测245
§ 11-5 建筑设计中的地形图应用213	第十四章 线路工程与水利工程的 施工测量.....249
§ 11-6 给水排水工程规划设计中的 地形图应用213	§ 14-1 线路测量249
§ 11-7 水利工程规划设计中地形图的 应用214	§ 14-2 线路工程的施工放线测量258
§ 11-8 面积计算217	§ 14-3 隧道施工测量263
	§ 14-4 土坝施工测量和变形观测274

第一章 绪 论

§ 1-1 普通测量的任务及意义

普通测量是一门研究应用测量仪器对地球表面上局部区域内各种地面物体的空间位置和几何形状进行量度的科学。它的主要任务是：

一、测绘地形图

将地面上局部区域的各种建、构筑物、固定性自然地貌和地面起伏的形状、大小按一定的比例尺缩小测绘成图，为工程建设的规划、设计、施工和竣工验收提供重要依据。

二、建筑物放样

将图纸上设计好的建、构筑物位置测设到地面上，作为施工的依据；在建筑物施工及大型金属结构物的安装过程中，需要测量工作的紧密配合，以保证施工和安装的质量。

另外，对于一些大型、重要的建筑物，在其使用过程中，还要进行位移和变形测量，以便在必要时对建筑物采取加固措施，以确保安全。

测量工作对我国的经济建设和国防建设具有重大的意义。在经济建设中，如城市的扩建和改建，村镇居民点的兴建和改造，各种类型工矿企业的建设，铁路、公路、输油管路和高压输电线路等的敷设和修建，各项水利工程的兴建，农业土地规划和管理，地下矿藏的勘探和开采，森林资源的调查和采伐等都要以地形图和各种测量数据为依据。在国防建设中，如各项国防工程的修建，以及作战时的战役布署和具体军事行动的指挥等，也都需要有精确的地形图及各种观测数据。

总之，任何工程建设都离不开测量工作，从事工程建设的技术人员必须掌握一定的测量学的基本知识和基本技能。因此，普通测量学就成为工程建设技术人员的一门必修的技术基础课。

§ 1-2 地面点位置确定的原理

在测量上，将地面上的房屋、河流、道路等称为地物；将地面上高低起伏的形态称为地貌；地物和地貌总称为地形。地形的变化是多种多样十分复杂的。如何将地形测绘到图纸上呢？这就需要在地物和地貌的轮廓线上选择一些具有特征意义的点，只要将这些点测绘到图纸上，就可以参照实地情况比较准确地将地物、地貌描绘出来而获得地形图。那么，什么是地物特征点和地貌特征点呢？现举例说明如下：从图1-1(a)中可以看出，房屋的平面位置就是房屋的轮廓线，而房屋的轮廓线则是1、2、3、4等折点的连线，因此只要将1、2、3、4点的平面位置测绘到图纸上，相应地连接这些点，就可以获得房屋在图上的平面位置。一条河流，如图1-1(b)，它的边线虽然不规则，但弯曲部分仍可以看成是由许多短直线所组成，只要确定了1、2、3、4……各点在图上的位置，那么，这条河

流的平面位置也就确定了。上例中的1、2、3、4……各点即为地物特征点。

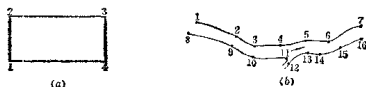


图 1-1

同理，如图1-2所示，地面的起伏形态（地貌）也可以用地面坡度变化点1、2、3、4……各点所组成的线段来表示，因为各线段内的坡度是一致的，所以测量工作只要把1、2、3、4……各点的平面位置和高程确定下来，地貌的形态也就容易描绘出来了。图中的1、2、3、4……各点即为地貌特征点。

由此可见，测量工作的根本任务就是确定地面点的位置。无论是地形图的测绘还是建构物的放样，都可以归结为确定点位的问题。

所谓确定地面上某一点的点位，就是确定它的平面位置和高程。如图1-3，首先要确定一个投影基准面（简称基准面）及投影基准线（简称基准线）。地面点A、B沿基准线投影到基准面上的位置a、b即为相应点的平面位置；沿基准线量出的高度Aa、Bb即为相应点的高程，这样就可以把地面点的空间位置确定下来。

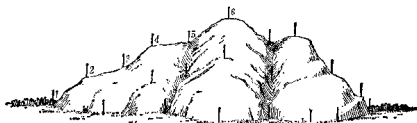


图 1-2

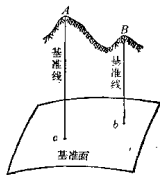


图 1-3

§ 1-3 测量上的基准线和基准面

一、基准线

在测量上，以通过地面上某一点的铅垂线作为该点的基准线。所谓铅垂线就是地面上一点的重力方向线。

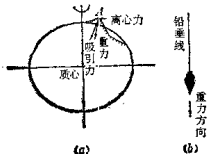


图 1-4

任何地面点都受着地球上各种力的作用，其中主要的有地球质心的吸引力和地球自转所产生的离心力，这两个力的合力称为重力，如图1-4(a)所示。如果在地面点上悬一个垂球，其静止时所指的方向就是重力方向，这时的垂球线，称为铅垂线，如图1-4(b)所示。

二、基准面

在测量上，作为点位投影和计算点位高度的基

准面就是大地水准面。

什么叫水准面？地球重力场中处处与重力方向垂直的面，叫做水准面。如静止的水表面，见图1-5(a)，它的每一个质点都受到重力的作用，因此，该表面必然处处与重力方

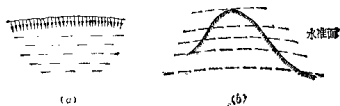


图 1-5

向垂直，这就是一个水准面。

由于地球内部质量分布的不均匀，所以作为处处与重力方向垂直的水准面，是一个有微小起伏的复杂的曲面。水准面可以处于不同的高度位置，可以有无穷个，如图1-5(b)。

所谓大地水准面（见图1-6）就是设想将静止的海水面延伸，穿过整个大陆和岛屿所形成的一个闭合曲面。由大地水准面包围起来的椭球体叫大地体。显然，大地水准面具有水准面的特性，是一个表面处处与重力方向垂直的、有微小起伏的，复杂的曲面。

在实际测量工作中，任何测量仪器上都装水准器，如图1-7(a)。在地球重力作用下，在水准管气泡居中时，水准管圆弧顶点的法线即与重力方向一致。利用水准器可以整置测量仪器的竖轴（见图1-7(b)），使之与过地面点A的水准面垂直，因此，测量所得的结果就是以过地面点A的水准面为基准面而获得的，测量上统一视作以大地水准面为基准面而获得的，其差别对于地面点的平面位置来讲极其微小，以致在普通测量中完全可以忽略不计。

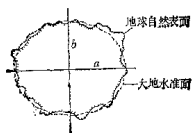


图 1-6

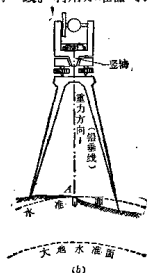
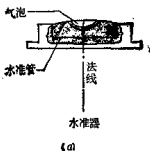


图 1-7

尽管地面上测得的结果是以大地水准面为基准的，但由于大地水准面是一个不规则的、复杂的曲面，它不可能通过一个数学式子精确地表达出来，因此在测量的计算和制图工作中，通常用一个非常接近大地水准面的规则的几何表面，即旋转椭圆面（又称参考椭圆面）来代替大地水准面作为计算和制图的基准面。图1-8(a)为大地水准面（虚线）与旋转椭圆面（实线）的差别示意图。图1-8(b)为地球自然表面（简称地面）、大地水准面与旋转椭圆面三者的差别示意图。

旋转椭圆面是一个数学表面（图1-9），它的大小可由长半径 a ，短半径 b 和扁率 e 来表示。我国1980年以后采用1975年国际大地测量协会（IGG）推荐的全球坐标系的数值

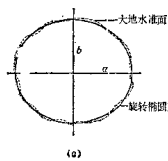


图 1-8

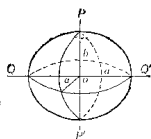


图 1-9

为:

$$a = 6378140 \text{ m}$$

$$e = \frac{a-b}{a} \approx 1/298.257$$

由于地球的扁率很小, 接近于圆球, 因此在要求精度不高的情况下, 可以近似地将其当作一个圆球体, 半径 $R = 6371 \text{ km}$ 。

§ 1-4 地理坐标、高斯直角坐标 及平面直角坐标

测量上确定地面点平面位置的坐标系统有地理坐标、高斯直角坐标及平面直角坐标三种。

一、地理坐标

地面上一点的平面位置在椭球面上通常用经度和纬度来表示, 称为地理坐标。

如图1-10所示, O 为地心, PP' 为旋转椭圆体的旋转轴, 又称地轴, 它的两端点为北南两极。过地轴的平面称为子午面。子午面与旋转椭圆体面的交线称为子午线或经线。过地轴中心且垂直于地轴的平面称为赤道面。赤道面与旋转椭圆面的交线称为赤道。

世界各国统一将通过英国格林威治天文台的子午面作为经度起算面, 称为首子午面。首子午面与旋转椭圆面的交线, 称为首子午线。地面上某一点 M 的经度, 就是过该点的子午面与首子午面的夹角, 以 λ 表示。经度从首子午线起向东 180° 称东经; 向西 180° 称西经。 M 点的纬度, 就是该点的法线与赤道平面的交角, 以 φ 表示。纬度从赤道起, 向北由 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称北纬; 向南由 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称南纬。例如, 北京的地理坐标, 经度是东经 $116^\circ 28'$, 纬度是北纬 $39^\circ 54'$ 。

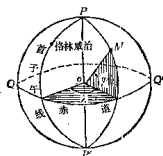


图 1-10

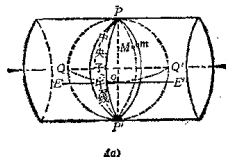
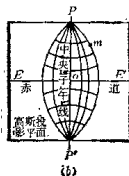


图 1-11



二、高斯直角坐标

地理坐标只能用来确定地面点在旋转椭圆面上的位置，但测量上的计算和绘图，要求最好在平面上进行。大家知道，旋转椭圆面是个闭合曲面，如何建立一个平面直角坐标系呢？主要应用各种投影方法。我国采用高斯横圆柱投影的方法来建立平面直角坐标系，称为高斯直角坐标系。见图1-11(a)，高斯横圆柱投影就是设想用一个横椭圆柱面，套在旋转椭圆体外面，并与旋转椭圆体面上某一条子午线（如 POP' ）相切，同时使椭圆柱的轴位于赤道面内并通过椭圆体的中心，相切的子午线称为中央子午线。然后将中央子午线附近的旋转椭圆面上的点、线投影到横圆柱面上去，如将旋转椭圆体面上的 M 点，投影到椭圆柱面上得 m 点，再顺着过极点的母线，将椭圆柱面剪开，展成平面，如图1-11(b)，这个平面称为高斯投影平面。

高斯投影平面上的中央子午线投影为直线且长度不变，其余的子午线均为凹向中央子午线的曲线，其长度大于投影前的长度，离中央子午线愈远长度变化愈大，为了将长度变化限制在测绘精度允许的范围内，通常采用六度分带法，即从首子午线起每隔经差 6° 为一带。将旋转椭圆体面由西向东等分为六十带，即 $0^\circ \sim 6^\circ$ 为第1带， 3° 线为第1带的中央子午线， $6^\circ \sim 12^\circ$ 为第2带， 9° 线为第2带的中央子午线，……，每一带单独进行投影，如图1-12所示。

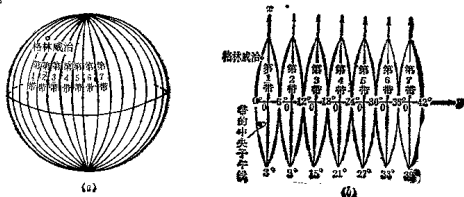


图 1-12

有了高斯投影平面后，怎样建立平面直角坐标系呢？如图1-13所示，测量上以每一带的中央子午线的投影为直角坐标系的纵轴 x ，向上（北）为正、向下（南）为负；以赤道的投影为直角坐标系的横轴 y ，向东为正、向西为负，两轴的交点 O 为坐标原点。由于我国领土全部位于赤道以北，因此， x 值均为正值，而 y 值则有正有负，为了避免 y 值出现负值，故规定每带的中央子午线各自西移500km，同时为了指示投影是哪一带，还规定在横坐标值前面要加上带号，如：

$$x_m = 347218.971 \text{ m}$$

$$y_m = \boxed{19} 667214.556 \text{ m}$$

(带号)

上述 y_m 等号右边的19，表示第十九带。

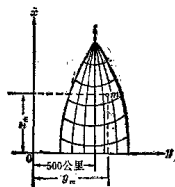


图 1-13

采用高斯直角坐标来表示地面上某点的位置时,需要通过比较复杂的数学(投影)计算才能求得该地面点在高斯投影平面上的坐标值。高斯直角坐标系一般都用于大面积的测区。

三、平面直角坐标系

当测区面积较小时,可不考虑地球曲率而将其当作平面看待。如图1-14所示,地面上A、B两点在球面P上的投影为a、b。今设球面P与水平面P'在a点相切,则A、B两点在球面上的投影长度 $\widehat{ab}=d$;在水平面上投影的水平距离 $ab'=t$,其差值:

$$\Delta d = t - d = R \lg \theta - R \theta = R(\lg \theta - \theta)$$

用三角级数公式展开后取主项可得:

$$\Delta d = R \left[\left(\theta - \frac{1}{3} \theta^3 - \dots \right) - \theta \right] = -\frac{R \theta^3}{3}$$

因 $\theta = \frac{d}{R}$

则 $\Delta d = -\frac{d^3}{3R^2}$

或 $\frac{\Delta d}{d} = -\frac{d^2}{3R^2}$ (1-1)

以 $R=6371\text{km}$ 和不同的 d 值代入上式可得下表数值。

表 1-1

$d(\text{km})$	$\Delta d(\text{cm})$	$\frac{\Delta d}{d}$ (相对误差)
10	9.82	1:1200000
20	5.57	1:304000
50	102.65	1:49000

由表1-1可知当 d 为10km时,以切平面上的相应线段 t 代替,其误差不超过1cm,相对误差为1:1200000,而目前最精密的距离丈量相对误差约为1:1000000,因此可以确认,在半径为10km的圆面积内,可忽略地球曲率对距离的影响。

如果将地球表面上的小面积测区当作平面看待,就不必要进行复杂的投影计算,可以直接将地面点沿铅垂线投影到水平面上,用平面直角坐标来表示它的投影位置和推算点与点之间的关系。

平面直角坐标系(见图1-15)的原点记为 O ,规定纵坐标轴为 x 轴,与南北方向一致,自原点 O 起,指北者为正,指南者为负;横坐标轴为 y 轴,与东西方向一致,自原点起,指东者为正,指西者为负。象限I、II、III、IV按顺时针方向排列。坐标原点可取用高斯直角坐标值,也可以根据实地情况安置,一般为使测区所有各点的纵横坐标值均为正值,坐标原点大都安置在测区的西南角,使测区全部落在第I象限内。如地面上某点 M 的坐标可写为:

$$x_m = 384.215\text{m}$$

$$y_m = 511.642\text{m}$$

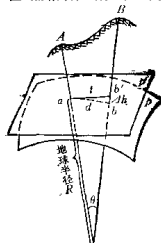


图 1-14

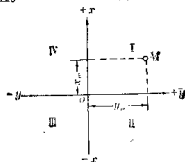


图 1-15

§ 1-5 地面点的高程

确定了地面点的坐标，只是确定了地面点在投影面上的位置，还不足以表示该点的空间位置，因为地球表面是有高低起伏的，因此还要确定地面点的高程。

所谓高程，就是地面上一点到大地水准面的铅垂距离，以 H 表示（图1-16）。由于它是从全国统一的大地水准面起算的，因此又称为绝对高程。如果是从假设的某一个水准面起算的高程，则称为相对高程，用 H' 表示。地面上两点间高程的差值称为高差，用 h 表示。如图1-16中， A 、 B 两点的高差：

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1-2)$$

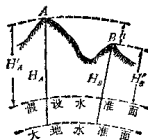


图 1-16

海水面由于受潮汐、风浪等的影响是个动态的曲面，它的高低时刻在变化，通常是在海边设立验潮站，进行长期观测，取海水面的平均高度作为高程零点，通过该高程零点的大地水准面为高程起算面。我国曾采用青岛验潮站1950~1956年观测成果推算的黄海平均海水面作为高程零点，称1956年黄海高程系。自1987年起采用青岛验潮站1953~1979年观测成果推算的黄海平均海水面作为高程零点，由此算得的青岛国家水准原点高程为72.260 m。

地面点的高程是由大地水准面起算的，那么能否在小范围内以水平面代替大地水准面呢？下面讨论这个问题。

图1-14中的 Δh 就是用水平面代替水准面所产生的高程误差，即地球曲率对高程的影响。由图可知：

$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + l^2$$

即

$$\Delta h = \frac{l^2}{2R + \Delta h}$$

前面已证明， $d \approx l$ ，故以 d 代替 l ，且 Δh 与地球半径 R 相比较，可忽略不计，于是

$$\Delta h = \frac{d^2}{2R} \quad (1-3)$$

以 $R = 6371 \text{ km}$ 和不同的距离代入上式可得表1-2。

表 1-2

$d(\text{m})$	50	100	200	500	1000	2000	3000
$\Delta h(\text{mm})$	0.2	0.8	3.1	20	78	314	706

由表1-2可看出，地球曲率对高程的影响是很大的，在普通测量中只有在100m距离内才能不考虑这种影响，否则都应顾及地球曲率对高程的影响。

§ 1-6 测量的基本工作

由前述, 测量工作的根本任务是确定地面点的位置, 那么究竟要通过哪些基本的测量工作才能将点位确定下来呢? 见图1-17, 地面上 A 、 B 、 C 三点沿铅垂线投影到任意高度的水平面 P 上的位置分别为 a 、 b 、 c 。为了确定 A 、 B 、 C 三点的位置需要进行下列测量工作。

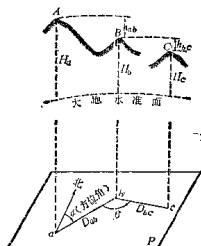


图 1-17

1. 测量出地面上 AB 、 BC 两条边投影在水平面上的长度(称水平距离) D_{ab} 、 D_{bc} ;

2. 测量出 AB 、 BC 的方向, 也就是测量出水平面上 ab 直线与指北方向间的夹角 α (称方位角)及 ab 与 bc 两边的夹角 β (称水平角);

3. 测量出 A 、 B 、 C 各点间的高差 h_{ab} 、 h_{bc} 。如果其中 C 点的高程已知, 则 A 、 B 两点的高程就可以求得。

由此可见, 测量的基本工作主要包括: 距离、角度、高差等外业测量工作, 以及计算、绘图等内业工作, 在以后的各章中将分别叙述。

习 题

1. 普通测量学的主要任务是什么?
2. 为了把地面的高低起伏形态表示在图纸上, 首先需要确定一些什么点的位置?
3. 测量上的基准线和基准面是什么? 在实际测量中是如何与基准线和基准面产生联系的?
4. 什么叫大地水准面? 测量中的点位计算和绘图能否投影到大地水准面上进行? 为什么?
5. 简述测量上的几种坐标系统的特点。
6. 测量上的平面直角坐标系运用在什么场合? 它与数学上的平面直角坐标系有什么区别?
7. 什么叫绝对高程? 什么叫相对高程? 两点间的高差值如何计算? 什么情况下高差为正值, 什么情况下高差为负值?
8. 水准面与水平面有何区别? 在什么范围内可以将水准面看作水平面?
9. 确定地面点的位置要做哪些基本测量工作。

第二章 角度测量

§ 2-1 水平角和竖直角测量原理

角度测量包括水平角测量和竖直角测量。

地面上一点到两目标点的方向线，垂直投影到水平面上所成的夹角称为水平角。如图2-1所示， A 、 B 、 C 是地面上任意三点，通过 AB 和 AC 分别做两个竖直面，它们与水平面 P 的交线 ab 和 ac 的夹角 β 就是 AB 与 AC 之间的水平角，换句话说地面上任意两方向间的水平角就是过该两方向的两个竖直面所夹的二面角。

设在二面角棱线 Aa 上，水平地安置一个度盘，度盘中心过 Aa 线，再有一个照准目标用的望远镜，它既能绕 Aa 轴水平方向转动，又能在一个竖直面内俯仰转动。当望远镜分别照准 B 和 C 目标时，所得两个竖直面与度盘相交，这两条交线在度盘上的读数分别为 n 和 m ，则水平角 $\beta = m - n$ ，即右目标读数减左目标读数。

竖直角是指同一竖直面内某一方向的视线与水平线之间的夹角。如图2-1， AB 、 AC 方向的竖直角分别为视线 AB 、 AC 与过 A 点的水平线 Ab' 和 Ac' 的夹角 α_1 和 α_2 。为了测量竖直角，还应有一个与望远镜相连的竖直度盘。

经纬仪就是测量水平角和竖直角的主要仪器

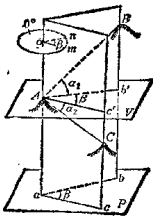


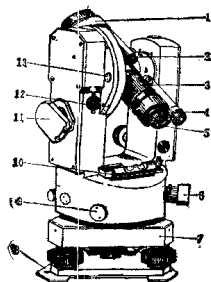
图 2-1

§ 2-2 DJ6型(6'级)光学经纬仪

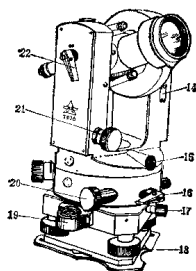
工程上常用的经纬仪，按其精度来分有DJ6、DJ2等几种类型。“D”和“J”分别为大地测量和经纬仪的汉语拼音第一个字母，“6”和“2”代表该仪器的精密度。由于生产厂家不同，经纬仪的结构也不完全一样，但基本结构是一致的。本节主要阐述6'级(DJ6)光学经纬仪的构造和使用方法。

一、总体结构

图2-2为北京光学仪器厂的TDJ6型光学经纬仪及其部件名称的记注。图2-3为经纬仪结构简图。仪器由基座、光学度盘和照准部三部份组成，通过轴和轴套接合在一起，并有制动和微动螺旋控制其相互位置。照准部是上部转动部份的总称，包括望远镜、水准器、支架横轴、竖直度盘等。望远镜能绕横轴 HH 在竖直面内转动，照准部能绕竖轴 VV 作水平方向转动，并由望远镜制动和微动螺旋以及水平制动和微动螺旋分别控制、固定在任一位置。转动角度的大小，可由水平度盘和竖直度盘读出。水平度盘的轴安置在基座内，调整



(a)



(b)

图 2-2

1—望远镜物镜；2—粗瞄器；3—对光螺旋；4—读数目镜；5—望远镜目镜；6—转盘手轮；7—底座；8—导向板；9、13—堵盖；10—水准器；11—反光镜；12—自动归零旋扭；14—调指标差盖板；15—光学对点器；16—水平制动板钮；17—固定螺旋；18—脚螺旋；19—圆水准器；20—水平微动螺旋；21—望远镜微动螺旋；22—望远镜制动板钮

基座的三个脚螺旋，可使水平度盘水平，即竖轴竖直。照准部的水准管用于标示水平度盘是否水平，竖轴是否竖直。

有的经纬仪，水平度盘与照准部之间的关系是由离合扳钮控制的，其原理如图 2-4 所示，离合扳钮 8 安装于离合扳钮底座 7 上。扳钮的转动中心是偏心的，当扳钮向下时，顶杆 5 在弹簧片 3 的挤压下向右移动，弹簧片 3 也使带铆钉的卡爪 1 夹紧度盘 2，这时如照准部转动，度盘就随之转动；当扳钮向上时，使顶杆左移，通过滚珠 4 将弹簧片 3 顶开，卡爪即松开度盘，这时，度盘不随照准部转动。

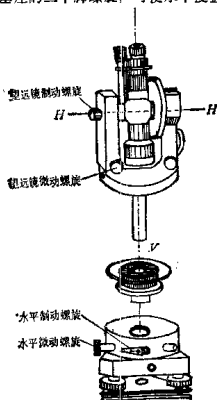


图 2-3

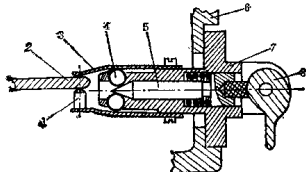


图 2-4

1—铆钉；2—复测盘；3—簧片；4—滚珠；5—顶杆；6—照准部；7—复测扳手底座；8—离合扳钮

二、望远镜

经纬仪上的望远镜是用来照准目标的。望远镜可分外对光和内对光两种。

内对光望远镜结构如图2-5，它由物镜组1、调焦负透镜组（对光透镜）3、十字丝分划板8和目镜组10组成。十字丝分划板8上刻有十字分划线，如图2-6，它装在十字丝环2上，十字丝的位置可用四个调焦螺丝1进行调整。

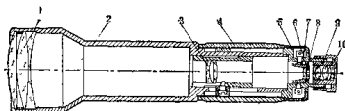


图 2-5

1—物镜组；2—望远镜筒；3—调焦负透镜组；4—调焦螺旋；
5—护罩；6—校正螺丝；7—十字丝环；8—十字丝分划板；
9—目镜筒；10—目镜组

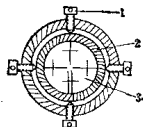


图 2-6

1—调正螺丝；2—十字丝环；
3—十字丝分划板

十字丝中心和物镜光心的连线（图2-5）称为望远镜的视准轴，是瞄目标的基准线。

图2-7为内对光望远镜成像原理图。自物体A点发出的平行于光轴的平行光，经物镜折向其后焦点 F_1' ；自A点发出的另一条过物镜前焦点 F_1 的光线，则折射成平行光。这两条光线经调焦透镜发散交于 a' 点。同理B点的光线将成象于 b' 点。 $a'b'$ 为物体AB的实象，并落在十字丝面上，人眼通过目镜观察到的是放大的倒立虚象 ab 。观测者转动目镜，可使十字丝面看得最清楚，物体的象又落在十字丝面上，因此观测者看到的是清晰的物体象。

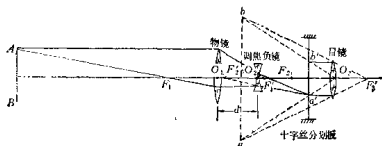


图 2-7

望远镜与所瞄目标的距离，即物距，是不同的，面内对光望远镜由物镜到十字丝面的距离是固定的，由透镜成像原理可知，要使所瞄目标的象总是落在十字丝面上，必使焦距作相应的变化。调焦透镜的作用就在于此。在内对光望远镜中，物镜与调焦透镜组成复合透镜，其等效（组合）焦距 f 为：

$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - d} \quad (2-1)$$

式中： f_1 ——物镜焦距；

f_2 ——调焦透镜焦距；

d ——物镜与调焦透镜的间距。