

T U M U G O N G C H E N G C E L I A N G X U E

土木工程测量学

主编/欧阳平

江西科学技术出版社



图书在版编目(CIP)数据

土木工程测量学/欧阳平主编. —南昌:江西科学技术出版社,2006. 1

ISBN 7-5390-2804-1

I. 土… II. 欧… III. 土木工程—高等学校—教材 IV. TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 003859 号

国际互联网(Internet)地址:

[HTTP://WWW.NCU.EDU.CN:800/](http://www.ncu.edu.cn:800/)

赣科版图书代码:05307-101

选题序号:ZK2005031

土木工程测量学

欧阳平主编

出版	江西科学技术出版社
发行	
社址	南昌市蓼洲街2号附1号
	邮编:330009 电话:(0791)6623341 6610326(传真)
印刷	南昌市红星印刷厂印刷
经销	各地新华书店
开本	787mm×1092mm 1/16
字数	390千字
印张	16
印数	3000册
版次	2006年4月第1版 2006年4月第1次印刷
书号	ISBN 7-5390-2804-1/TU·226
定价	35.00元

(赣科版图书凡属印装错误,可向出版社发行部或承印厂调换)

前 言

本书的编写是编者根据多年的测绘教学经验与工程实践,汲取兄弟院校的经验,兼顾 2005 年全国测量学教材改革研讨会的重要观点,强调理论与实践相结合,突出实践与应用,内容取舍以“必须与够用”为标准,结合时代与实践工程需要的基础上编写出来的。

本书是建设类非测绘专业通用教材,适用于水利水电建筑、工业与民用建筑、道路与桥梁、工程造价、城镇规划、给水排水、园林、水土保持和农业等非测绘类专业及工程技术人员使用。

全书共十六章,主要讲述测量学的基本概念和知识,测量仪器的构造、使用、检验与校正;论述了测量误差理论的基础知识;阐明了小面积控制测量和大比例尺地形图的绘制;体现了测绘技术在不同工程中的应用以满足各专业的需要;增加了测绘领域的新仪器、新技术、新方法,如电磁波测距、电子水准仪、全站仪、数字化测图及全球定位系统(GPS)等内容。该内容体系贯穿了“基础—应用—提高”的基本思路,使测量技术与各种工程紧密结合,以达到工程实用能力培养之目标。

本书由欧阳平主编,黄张裕、陈美兰任副主编。编写分工为:南昌工程学院欧阳平编写第一、二、四、五、九、十四、十六章;河海大学黄张裕编写第十、十二、十三、十五章;南昌市建设工程质量监督站皱波编写第十一章;南昌工程学院陈美兰编写第三、六、七、八章。全书由欧阳平负责统稿、定稿。

本教材的编写中参阅了兄弟院校几十种教材及有关文献,在此表示衷心的感谢。由于编者水平所限,书中难免存在缺点和不足,恳请读者批评指正。

编者

2005 年 12 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 测量学的研究对象及其作用	(1)
第二节 地面点位的确定	(2)
第三节 用水平面代替水准面和限度	(6)
第四节 测量工作概述	(8)
第二章 水准测量	(10)
第一节 水准测量原理	(10)
第二节 水准仪及其使用	(11)
第三节 水准测量的施测方法	(15)
第四节 水准仪的检验和校正	(21)
第五节 水准测量误差产生的原因及消减方法	(24)
第六节 自动安平水准仪与电子水准仪	(27)
第三章 角度测量	(31)
第一节 水平角、竖直角测量原理	(31)
第二节 光学经纬仪及角度测量工具	(32)
第三节 经纬仪的使用	(36)
第四节 角度测量	(38)
第五节 经纬仪的检验与校正	(43)
第六节 角度测量的误差消减方法及注意事项	(46)
第七节 电子经纬仪	(48)
第四章 距离测量与直线定向	(52)
第一节 钢尺量距	(52)
第二节 视距测量	(56)
第三节 光电测距	(58)
第四节 直线定向	(62)
第五章 观测误差的基本知识	(67)
第一节 概述	(67)
第二节 偶然误差的特性	(68)

第三节	衡量精度的标准	(71)
第四节	误差传播定律	(72)
第五节	测量精度分析举例	(77)
第六节	等精度观测的平差	(79)
第六章	控制测量	(82)
第一节	概述	(82)
第二节	导线测量	(85)
第三节	交会定点	(93)
第四节	高程控制测量	(97)
第七章	大比例尺地形图及其测绘	(102)
第一节	地形图的基本知识	(102)
第二节	测图前的准备工作	(109)
第三节	经纬仪测绘法	(111)
第四节	全站仪数字化测图	(113)
第五节	地形图的拼接、整饰、检查与验收	(115)
第八章	地形图的应用	(118)
第一节	概述	(118)
第二节	地形图应用的基本内容	(119)
第三节	地形图在规划设计工作中的应用	(121)
第四节	地形图上的面积计算	(123)
第五节	利用地形图平整土地	(128)
第九章	测设(放样)的基本工作	(131)
第一节	概述	(131)
第二节	施工控制网的建立	(132)
第三节	水平距离、水平角和高程的测设	(133)
第四节	点的平面位置的测设	(136)
第十章	水利工程中的测量工作	(139)
第一节	土石坝施工测量	(139)
第二节	混凝土坝施工测量	(143)
第三节	渠道施工测量工作	(146)
第四节	水利工程变形观测	(149)
第十一章	工业与民用建筑中的施工测量	(154)
第一节	建筑场地施工控制测量	(154)
第二节	普通民用建筑施工测量	(155)
第三节	工业厂房施工安装测量	(158)

第四节	高层建筑物施工测量·····	(159)
第五节	建筑物竣工测量·····	(161)
第六节	建筑物变形观测·····	(162)
第十二章	线路工程中的测量工作·····	(171)
第一节	线路工程测量·····	(171)
第二节	线路中线测量·····	(173)
第三节	圆曲线施工放样·····	(176)
第四节	线路纵横断面图测量·····	(185)
第五节	线路施工测量和土方量计算·····	(190)
第十三章	桥隧和管道中的测量工作·····	(194)
第一节	桥梁工程测量·····	(194)
第二节	隧道工程测量·····	(198)
第三节	管道施工测量·····	(205)
第十四章	全站仪及其使用·····	(210)
第一节	概述·····	(210)
第二节	全站仪的结构与功能·····	(211)
第三节	全站仪的测量方法·····	(213)
第十五章	全球定位系统(GPS)·····	(218)
第一节	概述·····	(218)
第二节	GPS 组成·····	(218)
第三节	GPS 定位原理·····	(221)
第四节	GPS 定位数据预处理·····	(224)
第五节	GPS 控制测量·····	(227)
第十六章	测量实验指导·····	(234)
第一节	测量实验须知·····	(234)
第二节	测量实验项目指导·····	(236)
参考文献	·····	(249)

第一章 绪 论

第一节 测量学的研究对象及其作用

一、测量学的研究对象

测量学是测绘学科的一个分支,它是研究地球的形状与大小以及确定地面点位置、方向及其分布的学科。测量包括测定和测设两个部分。测定是指使用测量仪器和工具,通过测量和计算,得到一系列测量数据,或把地球表面的地形缩绘成地形图;测设是指把图纸上规划设计好的建筑物、构筑物的位置在地面上标定出来,作为施工的依据。

二、测绘学科分类

随着测绘科学的发展,其研究领域和任务有所不同,产生了一些分支学科:

大地测量学:它是研究测定地球的形状和大小及地球的重力场的测量方法、分布情况及其应用的学科。其任务在于建立国家大地控制网进行精密控制测量;为地形测量和大型工程测量提供基本控制;为空间科技和军事用途提供精确的坐标资料并为研究地球形状、大小、地壳变形及地震预报等科学研究提供重要资料;近年来,由于人造卫星和遥感技术的发展,大地测量又分为常规大地测量与卫星大地测量。

工程测量学:它是研究解决在城市建设、厂矿建筑、水利水电、铁路公路、桥梁隧道等工程建设中的测量问题的科学。其任务是建立工程控制网、地形图的测绘、施工放样、设备安装定位、竣工测量、变形监测等。因此,它又分为矿山测量测量学、水利工程测量学、海洋工程测量学等。它们都属于普通工程测量学。而作为代表工程测量学的发展方向则是精密工程测量学,它服务于大型特种精密工程建设,促进工程测量学科的发展。

摄影测量与遥感学:它是研究利用航天、航空、地面的摄影和遥感信息,进行测量的方法和理论的学科。其任务不仅能测绘地形图,随着科技的发展,摄影测量已广泛应用于其他领域。因获取像片的不同,摄影测量学又分为地面摄影测量学、水下摄影测量学、航空摄影测量学、航天摄影测量学等。

地图制图学:它是研究地图的制作理论、工艺和印刷出版的科学。它又分为地图投影学、地图编绘学和地图印刷学。

三、在国民经济建设中的作用

测量学应用的范围广泛,在经济建设中,从资源开发、城乡建设、交通运输、江河治理、环境保护到经营管理,都离不开测绘工作。在国防事业中,如武器的发射、武器的导航等都依赖于测绘技术的成果。在科学研究中,如地壳升降、海陆变迁及航天技术等研究领域都依赖于测绘科学。在土木工程中,从土木工程的勘测设计,到施工放样、竣工验收到建筑物的安全监测无不用到测绘技术。例如公路在建设之前,为了确定一条经济合理的路线,必须进行勘测选线,测横断面图,并在图上进行路线设计,然后根据路线的设计位置标定在地面上,以便进行施工。在建造桥梁(或水利枢纽)之前,应该测绘桥址河流两岸的地形图,测量河床断面、水位、流速、流量和桥梁轴线的长度,以便设计桥台和桥墩的位置,最后根据设计位置测设到实地。为了穿越山体,或是为地下工程施工所做的地面与地下联系的通道时,通常需要修建隧道,如公路隧道、铁路隧道、地铁隧道、过街通道等,在修建隧道之前,应测绘隧址大比例尺地形图,测定隧道轴线、洞口、竖井等位置,为隧道设计提供必要的的数据,在隧道施工过程中还需要不断地进行贯通测量以保证隧道构造物的平面位置与高程正确贯通。在建造高层建筑的过程中,或建成以后,为了确保建筑物的安全使用,必须对它进行安全监测。因此,对于从事土木工程建设的技术人员,学习和掌握测量的基本知识与基本技能是必不可少的。

本教材重点讲述了普通测量学和测量在水利、线路、桥隧、管道以及工业与民用建筑工程等土木工程建设中应用的基本理论、方法、仪器和技能。为了符合时代的发展,适当介绍了测量新技术与新仪器在土木工程建设中的应用,如全球卫星定位系统(GPS)、电子经纬仪、全站仪等内容。

第二节 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进行的,因此,先应该理解地球的形状和大小。地球的自然表面很不规则,有高山、丘陵、平原和海洋。其中最高的珠穆朗玛峰高出海面达 8844.43m,最低的马里亚纳海沟低于海面达 11022m。由于海洋约占整个地球表面的 71%,因此,人们把地球看作是被海水面所包围的球体。这种静止的平的海水面延伸并通过所有的大陆与岛屿所形成的闭合曲面,称为大地水准面。由于目前不能惟一地确定大地水准面,因此,各个国家和地区往往选择一个平均海面代替它。水面可高可低,而静止的水面称为水准面,水准面是受地球重力影响而形成的,是一个处处与重力方向垂直的连续曲面,并且是一个重力场的等位面。与水准面相切的平面称为水平面。由于地球的自转运动,地球上任一点都要受到离心力和地球引力的双重作用,这两个力的合力称为重力,重力的方向线称铅垂线,如图 1—1。铅垂线是测量工作的基准线。大地水准面是测量工作的基准面。由大地水准面所包围的地球形体,称为大地体。

由于地球内部质量分布不均匀,离心力大小在不同纬度的变化,引起铅垂线的方向产生不规则的变化,致使大地水准面成为无法用数学模型来描述的复杂曲面,自然就无法在这曲面上

进行测量数据处理。如图 1—2, 为了使用方便, 通常用一个非常接近于大地水准面, 并可用数学式表示的几何形体(即地球椭球体)来代替地球的形状作为测量计算工作的基准面称参考椭球面。由于地球椭球体是一个椭圆绕其短轴旋转而成的形体, 故地球椭球体又称旋转椭球。旋转椭球体由长半径 a (或短半径 b) 和扁率 α 所决定。我国目前采用的椭球体参数为:

长半径 $a = 6378\ 140\text{ m}$

短半径 $b = 6356\ 755\text{ m}$

扁率 $\alpha = (a - b)/a = 1/298.257$

由于地球椭球的扁率很小, 因此, 当测区范围不大时, 可近似地把地球椭球作为圆球, 其半径为 6371 km 。为了进行了大地定位, 我国选择在陕西泾阳县永乐镇某点为大地原点。并建立了全国统一的坐标系, 这就是现在使用的“1980 年国家大地坐标系”, 又称“西安 80 坐标系”。

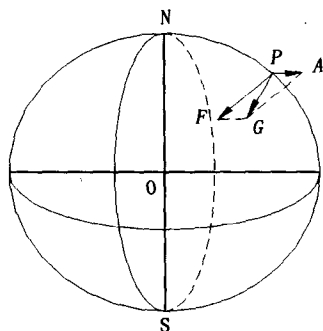


图 1—1 地球的引力、离心力与重力

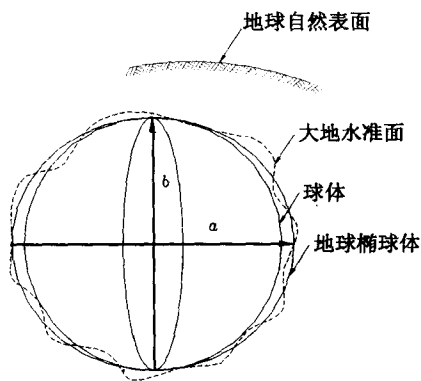


图 1—2 地球的不同形体

二、确定地面点位的方法

确定地面点位的方法是通过确定地面点平面位置与高程的方法实现的。确定地面点平面位置的方法通常采用地理坐标系、高斯平面直角坐标系或任意平面直角坐标系。地理坐标系又称球面坐标系。

1. 地理坐标系

(1) 天文地理坐标系

天文地理坐标系是建立在大地水准面上的坐标系, 测量(天文经纬度)的外业以铅垂线为准, 大地水准面和铅垂线是天文地理坐标系的主要面和线, 地面点的天文坐标是它沿铅垂线在大地水准面上投影点的经度 L 和纬度 B 。

(2) 大地地理坐标系

大地地理坐标系是建立在地球椭球面上的坐标系, 地球椭球面和法线是大地地理坐标系的主要面和线, 地面点的大地坐标是它沿法线在地球椭球面上投影点的经度 L 和纬度 B 。

2. 平面直角坐标

当在小范围内进行测量工作时, 可以不考虑地球曲率的影响, 而直接将大地水准面看成平面来处理, 并且采用平面直角坐标 (x, y) 来描述。如图 1—3 所示, 先以测区中心的 a 点为中心, 过 a 点的切平面 p 代替水准面 m , 然后以测区的西南角为坐标原点, 以南、北方向的纵轴作为 x 轴, 自坐标原点 O 向北为正, 东、西方向的横轴作为 y 轴, 自坐标原点 O 向东为正。如图 1—4 所

示, A 点的坐标为 X_A 、 Y_A 。

测量中的直角坐标轴与解析几何中的坐标轴刚好相反, 这是因为测量坐标系中的角度是从北方按顺时针计量, 而数学中三角函数的角度则是从横轴按逆时针计算。因此, 象限的编号也反了, 所以数学中的全部公式均可用于测量计算中。

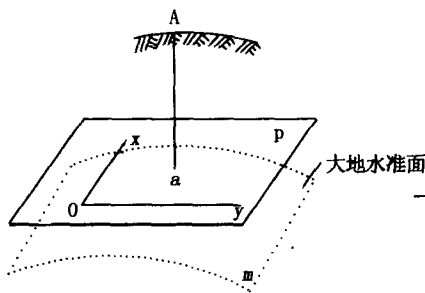


图 1—3 测区平面代替水准面

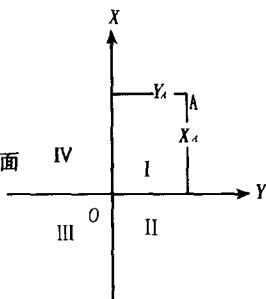


图 1—4 平面直角坐标系

3. 高斯平面直角坐标

在小范围测量时, 坐标原点可以假设。可忽略用平面代替水准面对距离的影响, 但在大区域测图时, 不能将地球的球面当作平面看待, 因而要采用适当的投影方法解决这个问题。投影的方法很多, 我国的国家基本地形图采用高斯分带投影的方法。

(1) 高斯投影概念

为了使投影变形小, 首先将地球表面自首子午线开始, 每 6° 划为一带, 形似瓜瓣, 将地球划分为 60 个带。从首子午线起自西向东编号, 共 60 号, 如图 1—5 所示, 东经 $0 \sim 6^\circ$ 为第一带, $6^\circ \sim 12^\circ$ 为第二带……位于每一个带中央的子午线称为中央子午线, 则第一带中央子午线的经度为 3° , 第二带中央子午线的经度为 9° 。任一带中央子午线的经度为

$$L_0 = 6^\circ N - 3^\circ \quad (1-1)$$

式中 N 为投影带的编号。

经过分带后的每一个 6° 带依然是一个曲面。为了用平面直角坐标来描述曲面上的点的位置, 应按一定的地图投影方式将曲面上的点投影到平面上来。以下介绍这种投影方法。

把地球视为一个圆球, 设想把一个平面卷成一圆筒套在地球外面, 如图 1—6(a) 所示, 使圆筒的中心轴线通过地球的球心, 并使地球上某一 6° 带的中央子午线与圆筒面相切, 则该子午线与横筒面重合。投影时, 设想在球心有一点光源, 由光源发出来的光线, 把 6° 带上的点、线投影到圆筒面上。然后沿着过南、北极的母线 AA' 、 BB' 将圆筒剪开, 并展开成平面, 便得到 6° 带投影在平面上的图形——高斯投影平面。这种投影具有下列性质:

① 中央子午线 NOS 的投影为一条直线, 且投影后长度无变形, 其余经线的投影为凹向中央子午线的对称曲线, 且离中央子午线越远, 其长度变形越大, 如图 1—6(b)。

② 赤道的投影也为一直线, 其余纬线的投影为凸向赤道的对称曲线, 见图 1—6(b)。

③ 中央子午线和赤道投影后为互相垂直的直线, 成为其他经纬线的投影的对称轴。而其他经纬线投影后仍保持互相垂直的关系, 即投影前后角度无变形, 故称为正形投影。

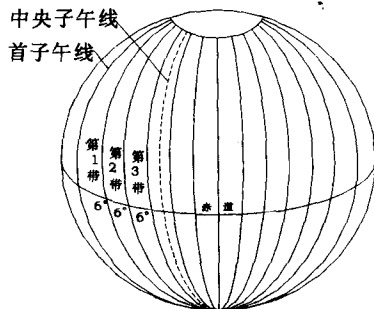


图 1—5 分带图

(2) 高斯平面直角坐标

由于中央子午线和赤道的投影为互相垂直的直线,以中央子午线为 x 轴,赤道为 y 轴,两轴的交点作为坐标原点,就组成了高斯平面直角坐标系,如图 1—6(b) 所示。用 6° 分带可将地球表面分成 60 个高斯平面直角坐标系,用 3° 分带则可分成 120 个高斯平面直角坐标系,如图 1—7 所示。

由于离中央子午线越远,其长度变形越大。为了满足大比例尺测图和高精度工程测量的需要,应采用 3° 分带法。

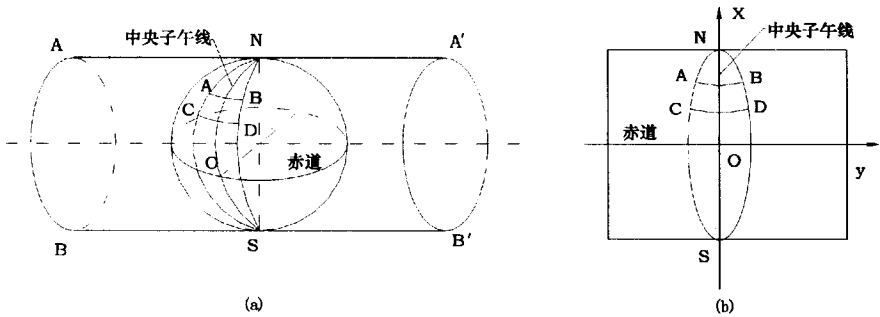


图 1—6 高斯投影原理

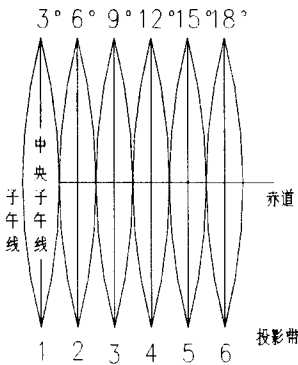


图 1—7 3° 投影带

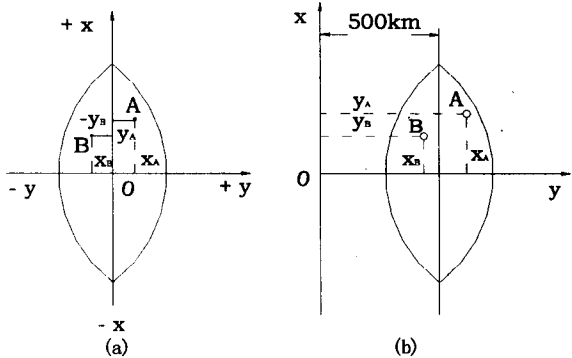


图 1—8 高斯平面直角坐标系

3° 带是在 6° 带的基础上划分的。它的宽度为 6° 带的一半, 6° 带的中央子午线及其两边缘子午线都是 3° 带的中央子午线。其中央子午线的经度为:

$$L'_0 = 3^\circ n \tag{1-2}$$

式中 n 为 3° 投影带的编号。

我国位于北半球, x 坐标值均为正, y 坐标值则有正有负,如图 1—8(a), A 点在中央子午线以东, $y_A = +134500\text{m}$, B 点在中央子午线以西, $y_B = -224590\text{m}$,这种坐标称为自然坐标。为了避免 y 坐标出现负值,所以将每带的坐标纵轴向西移动 500km ,如图 1—8(b) 所示,这样每一带中所有各点的横坐标值都能得到正值,则

$$y_A = 500000 + 123450 = 623450\text{m}$$

$$y_B = 500000 - 224590 = 275410\text{m}$$

为了表明一个点位于 6° 带中的哪一个带的坐标系中,所以在横坐标前面加上带号,例如, A 点位于中央子午线为 117° 的 20 带中,则 $y_A = 20623450\text{m}$ 。若 A 点位于中央子午线 117° 时的

3° 带中,则带号变为 39, $y_A = 39623450\text{m}$ 。

4. 地面点的高程

(1) 高程原理

为了确定点的空间位置,还应确定该地面点沿投影方向(即铅垂方向)到基准面的距离。一般是以大地水准面为基准面。所以地球表面上每个点高程的方向都是不同的。地面点到大地水准面的铅垂距离称为绝对高程或海拔。如图 1—9, H_A 、 H_B 分别为 A、B 两点的绝对高程。如果选任意水准面为基准面,那么地面点到该面的铅垂距离则称为相对高程(假定高程),如图 1—9 中的 H'_A 。相同高程系统两点的高程之差称为高差。

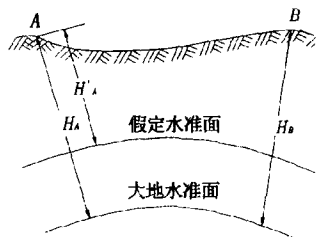


图 1—9 高程的原理

(2) 高程系统

以同一个基准面作为高程起算面的高程点属于同一个高程系统。由于历史等原因,我国在不同的地区还存在不同的高程系统。我国正致力于统一高程系统。

由于大地水准面是平均海水面,而海水面由于受潮汐和风浪的影响,其高程时刻在变化,通常是在海边设立验潮站,进行长期的观测,取海水面的平均高度而得到的。为此,我国在青岛黄海口的一个岩洞内,设立了验潮站,建立了水准原点,观测海水面的变化。按照长期观测的结果计算出来的平均黄海海水面,并从 1985 年开始,我国以平均黄海海水面作为高程的起算面(也就是海拔零起始面),称为“1985 国家高程基准”,由此得到水准原点的高度为 72.260m。全国各地以此为基准的高程就称“1985 黄海高程系统”,简称“85 高程”。我国的高程系统较多,如 1956 年我国宣布使用的 56 黄海高程系统(水准原点的高度为 72.289m)、吴淞高程系统、珠江高程系统、大沽高程系统等,目前这些高程系统正逐步被废除。

第三节 用水平面代替水准面和限度

由于测量工作的基准面是大地水准面,大地水准面是一个曲面。当测区范围较小时,用水平面代替水准面所产生的变形,小于测量误差时可以忽略不计。下面从对距离和高程方面的影响,讨论用水平面代替水准面时的范围大小。

一、对距离的影响

如图 1—10, A、B、C 是地面点,它们在大地水准面上的投影点是 a、b、c,用该区域中心点 a 的切平面代替大地水准面后,地面点在水平面上的投影点为 a'、b'、c'。设 A、B 两点在水准面上的距离为 D,在水平面上的距离为 D',则两者之差为 ΔD ,既为用水平面代替水准面所引起的距离差值。设大地水准面的球面半径为 R(接近与地球的半径),则:

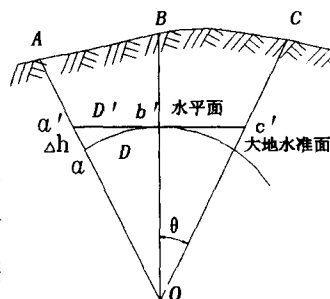


图 1—10 水平面代替水准面的影响

$$\Delta D = D' - D = R(\tan\theta - \theta) \quad (1-3)$$

为便于计算,将 $\tan\theta$ 展开成级数:

$\operatorname{tg} \theta = \theta + \frac{1}{3} \theta^3 + \frac{2}{15} \theta^5 + \dots$ 因 θ 角很小, 因此, 可略去三次以上的高次项, 只取其前两项代入式(1—3)中, 得:

$$\Delta D = R(\theta + \frac{1}{3} \theta^3 - \theta) = \frac{R}{3} \theta^3 \text{ 因 } \theta = \frac{D}{R}, \text{ 所以:}$$

$$\Delta D = \frac{D^3}{3R^2} \quad (1-4)$$

$$\text{或 } \frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2} \quad (1-5)$$

对于以上两式中, 取地球半径 $R = 6371\text{km}$, 取不同的距离 D 值, 则得到不同的 ΔD 和 $\Delta D/D$, 其结果列入表 1—1 中。

表 1—1

$D(\text{km})$	$\Delta D(\text{cm})$	$\Delta D/D$	$D(\text{km})$	$\Delta D(\text{cm})$	$\Delta D/D$
10	0.8	1 : 1220000	50	102.6	1 : 48700
20	6.6	1 : 300000	100	821.2	1 : 12000

从表 1—1 可以看出, 当 $D = 10\text{ km}$ 时, 用水平面代替水准面所产生距离误差为 8mm , 相对误差为 1 : 1220000, 这样小的误差, 对精密量距来说也是允许的。因此, 在 10km 为半径的圆面积之内进行距离测量时, 可以把水准面当作水平面看待, 即可不考虑地球曲率对距离的影响。在要求精度不高的情况下, 这个范围还可以相应扩大。

二、对高程的影响

如图 1—10, 地面上点 A 的高程应是铅垂距离 Aa , 如果用水平面作基准面, 则 A 点的高程为 $a'A$, 两者之差为 Δh , 即:

$$\Delta h = Aa - Aa' = oa - oa' = R \sec \theta - R = R(\sec \theta - 1) \quad (1-6)$$

容易得

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (1-7)$$

取不同的 D 值代入上式, 列表如下:

表 1—2

$D(\text{km})$	0.2	0.5	1	2	3	4	5	6
Δh (cm)	0.31	2	8	31	71	125	196	283

从表 1—2 可以看出, 用水平面作基准面对高程的影响是很大的, 例如, 距离为 200m 时就有 0.3cm 的高程误差。因此, 就高程测量而言, 即使距离很短, 也应用水准面作为测量的基准面, 即应考虑地球曲率对高程的影响。

第四节 测量工作概述

一、测量工作的基本内容

无论是测量还是测设,测量工作最基本的任务都是为了确定地面点的相对空间位置。而确定地面点的相对空间位置的基本要素可以分解为距离、角度和高程,如图1—11所示。例如已知A、B点的坐标及高程,要想通过A、B点求得C、D点的坐标与高程,必须先测量出B、C之间的水平距离 D_1 ,C、D之间的水平距离 D_2 ,水平角 β_1 与 β_2 ,

以及BC和CD之间的高差 h_{BC} 和 h_{CD} 。这种距离、角度与高差的测量工作则称为测量工作的基本内容。

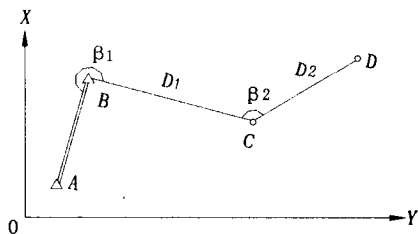


图 1—11 测量的基本工作

二、测量工作的基本原则

测量误差无处不在,如何处理、防止以及有效地控制误差是测量工作的关键所在。因此,在实际测量工作中,除了掌握测量的理论、仪器和方法外,为了防止测量误差的积累,应该遵循的基本组织原则是:在布局上要“从整体到局部”,在程序上要“先控制后碎部”,在精度上要“由高级到低级”。例如,我们需要测绘表示某地区的地形图,该地区分布有河流、湖泊、道路、房屋和山坡等地形,其地物轮廓点与地貌特征点统称为碎部点,测量时,主要就是测定这些碎部点的平面位置和高程。但决不能一开始就在地面上测量这些碎部点,必须首先在测区建立基本骨干,利用这些骨干就可将测量的碎部点彼此连接成一个严密的整体。

因此,测量工作应该分两步进行。首先,在测区选定少数点,并且尽量使这些点均匀分布在测区内,然后用精密的仪器和比较精确的方法,测定它们的相对位置,作为测区的骨干,这些骨干点称为控制点,测定它们相对位置的工作称为控制测量。控制测量是带全局性的精度较高的测量工作,在范围较大的测区,还要按照不同的精度要求,由高级到低级逐级进行。其次,在控制点的基础上,进行下一步的详细测量工作。这种详细测量工作若是地形测量,则以控制点位为依据,分别测定各控制点附近的碎部点的位置称为碎部测量,最后根据碎部点的特性绘制成全测区完整的地形图。由于控制点位精度较高,误差的大小和传递范围受到控制,整个测区的精度是均匀和统一的。如果详细测量工作是施工测量,也是以控制点位为依据,分别将图上设计的建筑物位置,测设到实地上去,称为施工放样。因此,测量工作就是一个“从整体到局部”,“先控制后碎部”,“由高级到低级”的过程。

另外,从上述可知,如果在测定控制点的相对位置有错误时,以其为基础所测定的碎部点位也就有错误,那么最后以错误的碎部点位绘制的地形图也是错误的。所谓“一步出错,则步步皆错”。因此,测量工作必须严格进行检核工作,所以“步步有检核”是组织测量工作应遵循的又一个原则,它可以防止错漏发生,保证测量成果的正确性。

复习思考题

1. 测绘学研究的是什么?
2. 为什么选择铅垂线和大地水准面作为测量的基准线与基准面?
3. 什么是水平面、水准面和大地水准面?
4. 测量工作中使用的坐标系与数学坐标系有何异同?
5. 假定平面直角坐标系和高斯平面直角坐标系有何不同?各适用于什么情况?
6. 设 A 点横坐标 $Y_A = 20387256.68\text{m}$, 试计算 A 点所在 6° 带内中央子午线的经度, A 点在中央子午线东侧还是西侧?距中央子午线有多远?
7. 设某地方的经度为东经 $116^\circ 28' 32''$, 问该地位于 6° 投影带和 3° 投影带时分别为第几带?其中央子午线的经度各为多少?
8. 什么是绝对高程与相对高程?什么是 1956 黄海高程与 1985 国家高程基准?
9. 某地区采用独立的假定高程系统, 已测得 A 、 B 、 C 三点的假定高程为: $H'_A = 26.267\text{m}$ 、 $H'_B = 28.223\text{m}$ 、 $H'_C = 18.564\text{m}$, 现在由国家水准点引测, 求得 A 点高程为 $H_A = 56.244\text{m}$, 试计算 B 、 C 点的绝对高程分别是多少?
10. 水平面代替水准面对距离与高差将产生什么影响?
11. 测量工作的基本内容是什么?测量工作的基本原则是什么?

第二章 水准测量

确定地面点的空间位置即需要确定其平面位置和高程。高程的测量可采用水准测量,三角高程测量和气压高程测量等方法实施,水准测量是精度较高,使用最广的一种方法。

第一节 水准测量原理

水准测量原理是利用水准仪所提供的水平视线测定地面两点之间的高差,然后利用已知点高程推算未知点的高程。

如图2—1,已知地面A点的高程为 H_A ,欲测出B点的高程 H_B ,可在A,B两点之间安置一台能提供水平视线的仪器——水准仪,而在A,B两点上分别竖立标尺——水准尺,由水准仪提供的水平视线读出A点尺上的读数 a 及B点尺上的读数 b ,由图可知A,B两点的高度差(高差)为

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

测量前进的方向是从已知点A向未知点B方向前进的,与其高差 h_{AB} 的下标AB的方向是一致的,称为A点到B点的高差。A点为后视点,则

a 为后视读数;B为前视点,则 b 为前视读数。高差总是等于后视读数减去前视读数的,因此,若 $a > b$,即后视读数大于前视读数,表明B点高于A点或上坡,此时 $h_{AB} > 0$;反之则B点低于A点或下坡,此时 $h_{AB} < 0$ 。所以应该注意:高差有正负之分。

高程计算的方法有两种:

(1) 高差法

直接由高差计算高程,即

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

此方法一般在水准路线的高程测量中应用较多。

(2) 视线高法

由仪器的视线高程计算高程。由图可知,A点的高程加后视读数即得仪器的水平视线的高程,用 $H_{\text{视}}$ 表示,即

$$H_{\text{视}} = H_A + a \quad (2-3)$$

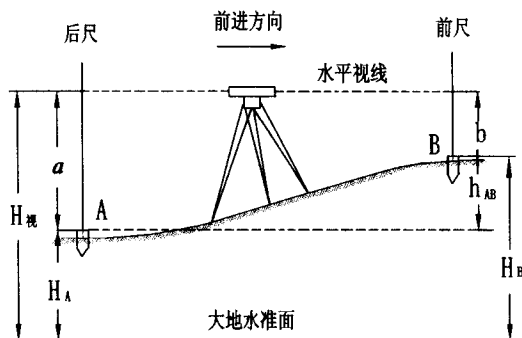


图2—1 水准测量原理

由此得 B 点的高程为

$$H_B = H_{\text{视}} - b = H_A + a - b \quad (2-4)$$

在工程测量中,当要求安置一次仪器求若干点高程时,此方法应用较广。

第二节 水准仪及其使用

水准仪是为水准测量提供水平视线的仪器,其配套工具有水准尺和尺垫。我国水准仪按其精度从高到低分为 DS_{05} 、 DS_1 、 DS_3 和 DS_{10} 4 个等级。 D 、 S 分别为“大地测量”、“水准仪”的汉语拼音第一个字母,下标数字 0.5、1、3、10 表示精度,即每千米水准测量高差中数的偶然中误差。下标数字越小精度越高。进口水准仪型号较多,且无此规律。其中 DS_{05} 和 DS_1 属于精密水准仪, DS_3 和 DS_{10} 属于普通水准仪,用于普通水准测量;特别是 DS_3 水准仪应用较广,如国家三、四等水准测量、建筑工程测量和地形测量等。因此,本节主要介绍 DS_3 型水准仪。

一、 DS_3 型水准仪的构造

水准仪主要由望远镜、水准器及基座三个主要部分组成〔图 2—2(a)〕。仪器通过基座与三脚架连接,支承在三脚架上,基座装有三个螺旋——脚螺旋,用以调节圆水准器气泡居中,以粗略整平仪器、仪器竖轴竖直。望远镜旁固连一个管水准器,旋转微倾螺旋,使望远镜作微小的

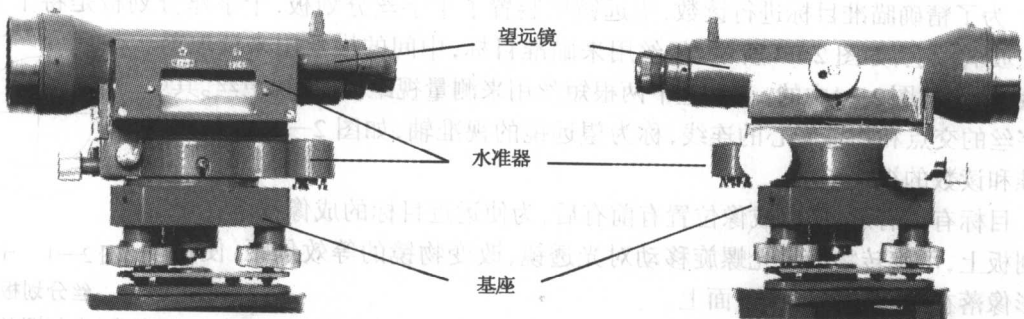
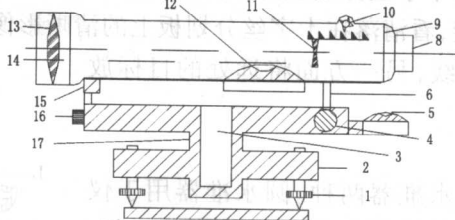


图 2—2(a) 水准仪外型图



- ① 脚螺旋 ② 基座 ③ 竖轴 ④ 微倾螺旋 ⑤ 圆水准器 ⑥ 顶针 ⑦ 视准轴 ⑧ 目镜 ⑨ 十字丝分划板 ⑩ 对光螺旋 ⑪ 对光凹透镜 ⑫ 管水准器 ⑬ 物镜 ⑭ 水准管轴 ⑮ 联接板 ⑯ 制动螺旋 ⑰ 轴套

图 2—2(b) 水准仪结构图