



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工程测量

王金玲 主编

Higher Education



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

TB22/37

2007

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工 程 测 量

王金玲 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,全书共分16章,内容包括绪论、水准测量、角度测量、距离测量、方向测量、测量误差的基本知识、平面控制测量、三角高程测量、地形图的基本知识、大比例尺地形图的测绘、地形图的应用、施工测量的基本工作、工业与民用建筑测量、水工建筑物施工测量、线路测量、GPS卫星定位系统简介。

本书可用于土木、建筑、交通、水利、岩土、农林等专业的高职高专教材,亦可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量/王金玲主编. —北京:中国水利水电出版社,
2007

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5084-4610-3

I. 工… II. 王… III. 工程测量—高等学校—教材
IV. TB22

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第201768号

书 名	普通高等教育“十一五”国家级规划教材 工程测量
作 者	王金玲 主编
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市地矿印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 总18印张 总416千字
版 次	2007年12月第1版 2007年12月第1次印刷
印 数	0001—4000册
总 定 价	36.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是根据教育部《关于加强高职高专人才培养工作的意见》、《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神和高职土木、建筑类专业的专业指导性教学计划及教学大纲组织编写的。

本书由王金玲任主编，卢满堂、周无极、牛志宏、聂琳娟任副主编。参加编写的工作人员及分工为：湖北水利水电职业技术学院王金玲编写第 1 章、第 16 章和《工程测量教学实验指导书》，周无极编写第 8 章和第 15 章，聂琳娟编写第 2 章和第 6 章，曲炳良编写第 5 章；山西水利职业技术学院卢满堂编写第 11 章、第 12 章和第 13 章，陈帅编写第 9 章和第 10 章；长江工程职业技术学院牛志宏编写第 3 章和第 14 章；武汉大学张晓春编写第 4 章；武汉电力职业技术学院江新清编写第 7 章。全书由王金玲统稿。

本书由武汉大学花向红教授主审，特此致谢。

由于编者业务水平有限，加之时间仓促，书中难免存在缺点和错误之处，恳请各位同行及广大读者批评指正。

编 者

2007 年 10 月于武汉

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 测量学的研究对象及工程测量的任务	1
1.2 地面点位的确定	2
1.3 测量工作中用水平面代替水准面的限度	6
1.4 测量工作概述	8
小结	9
习题	10
第 2 章 水准测量	11
2.1 水准测量的原理	11
2.2 水准测量的仪器和工具	12
2.3 水准仪的使用	15
2.4 水准测量的基本方法	17
2.5 三等、四等水准测量	21
2.6 水准测量的成果计算	23
2.7 微倾式水准仪的检验与校正	27
2.8 水准测量的误差分析	30
2.9 自动安平水准仪和电子水准仪简介	31
小结	33
习题	33
第 3 章 角度测量	36
3.1 角度测量原理	36
3.2 DJ ₆ 型光学经纬仪	37
3.3 DJ ₆ 型光学经纬仪的使用	39
3.4 水平角观测	41
3.5 竖直角观测	45
3.6 经纬仪的检验和校正	48

3.7 角度测量的误差分析	52
3.8 电子经纬仪简介	55
小结	57
习题	57
第4章 距离测量	59
4.1 概述	59
4.2 距离丈量	59
4.3 视距测量	65
4.4 电磁波测距	68
4.5 全站仪简介	71
小结	75
习题	75
第5章 方向测量	76
5.1 直线定向	76
5.2 坐标计算原理	78
5.3 坐标方位角的推算	80
5.4 用罗盘仪测定直线磁方位角	81
小结	82
习题	83
第6章 测量误差的基本知识	84
6.1 测量误差概述	84
6.2 衡量精度的指标	87
6.3 误差传播定律	88
6.4 算术平均值及中误差	93
小结	94
习题	94
第7章 平面控制测量	95
7.1 概述	95
7.2 导线测量	98
7.3 交会测量	105
小结	112
习题	113
第8章 三角高程测量	115
8.1 三角高程测量原理	115
8.2 三角高程测量的实施	117
小结	118
习题	118

第 9 章 地形图的基本知识	119
9.1 地形图的比例尺	119
9.2 地形图的图式	120
9.3 地形图的图廓外注记	127
9.4 地形图的分幅与编号	128
小结	131
习题	131
第 10 章 大比例尺地形图的测绘	132
10.1 测图前的准备工作	132
10.2 经纬仪测图法	133
10.3 地形图的拼接、检查和整饰	136
10.4 数字化测图	138
小结	143
习题	143
第 11 章 地形图的应用	145
11.1 地形图的基本应用	145
11.2 面积量算	147
11.3 地形图在工程建设中的应用	150
11.4 地形图在平整土地中的应用及土石方估算	152
11.5 电子地图应用简介	155
小结	158
习题	158
第 12 章 施工测量的基本工作	160
12.1 施工测量概述	160
12.2 施工测量基本工作	162
12.3 点的平面位置的测设	165
12.4 已知坡度的测设	170
小结	172
习题	172
第 13 章 工业与民用建筑测量	174
13.1 建筑场地施工控制测量	174
13.2 民用建筑施工测量	180
13.3 工业建筑施工测量	188
13.4 烟囱与塔体工程施工测量	192
13.5 房屋建筑物的变形观测	195
13.6 竣工测量	199
小结	201

习题	201
第 14 章 水工建筑物施工测量	202
14.1 土坝施工放样	202
14.2 水闸施工测量	206
14.3 隧洞施工测量	208
小结	212
习题	213
第 15 章 线路测量	214
15.1 概述	214
15.2 中线测量	214
15.3 圆曲线的测设	217
15.4 线路纵、横断面测量	221
15.5 线路施工测量	225
15.6 管道施工测量	227
小结	228
习题	229
第 16 章 GPS 卫星定位系统简介	230
16.1 全球卫星定位系统的组成	230
16.2 全球卫星定位系统的基本原理	231
16.3 GPS 接收机的组成和原理	235
16.4 全球卫星定位系统测量实施	236
小结	240
习题	240
参考文献	241

第1章 绪 论

内容提要：本章主要介绍了测量学的研究对象及工程测量的三项任务；重点讲述了地面点位的确定方法，包括地面点的坐标和高程的表示方法；具体分析了用水平面代替水准面的限度；最后对测量的基本工作和测量工作的基本原则进行了阐述。

1.1 测量学的研究对象及工程测量的任务

1.1.1 测量学的概念与研究对象

测量学是研究地球的形状和大小，以及确定地面点位关系的一门学科。其研究的对象主要是地球和地球表面上的各种物体，包括它们的几何形状及空间位置关系。

1.1.2 测量学的学科分类

测量学是一门综合学科，按照测量学的研究范围、研究对象及其采用的技术手段不同，分为以下几个学科分支：

1. 大地测量学

大地测量学的研究对象是整个地球或地球上一个较大的区域，需要考虑地球曲率的影响。大地测量学的任务是研究和确定地球的形状、大小、重力场、整体与局部运动和地面点的几何位置以及它们变化的理论和方法，它是测量学各分支学科的理论基础。按照测量手段的不同，大地测量学又分为常规大地测量学、空间大地测量学及物理大地测量学等。

2. 地形测量学

地形测量学的研究对象是一个较小的局部区域。由于地球半径很大，就可以把球面当成平面看待而不考虑地球曲率的影响。地形测量学的主要任务是研究较小区域测绘地形图的理论、方法和技术以及地形图的使用。按成图方式的不同，地形测图可分为模拟化测图和数字化测图。

3. 工程测量学

工程测量学是研究工程建设在规划设计、施工和运营管理各个阶段所进行的各种测量工作。工程测量学的主要任务就是工程建设在规划设计、施工和运营管理这三个阶段所进行的各种测量工作。

工程测量学是一门应用学科，按其研究对象可分为：建筑、水利、铁路、公路、桥梁、隧道、地下、管线（输电线、输油管）、矿山、城市和国防等工程测量。

4. 摄影测量与遥感

摄影测量与遥感技术主要是利用摄影或遥感技术来研究地表形状和大小的科学。其主



要任务是将获取地面物体的影像,进行分析处理后建立相应的数字模型或直接绘制成地形图。根据相片获取方式的不同,摄影测量又分为地面摄影测量和航空摄影测量等。

5. 制图学

制图学主要是利用测量所获得的成果资料,研究如何投影编绘成图和地图制作的理论、方法和应用等方面的科学。

1.1.3 工程测量的任务

工程测量是研究各种工程在勘察、设计、施工和管理阶段所进行各种测量工作的理论和技术的学科。其任务主要有以下三个方面:

1. 地形图测绘

地形图测绘也称为测定,是使用各种测量仪器和工具,按一定的测量程序和方法,将地面上局部区域的各种地物和地势的高低起伏形态、大小,按规定的符号及一定的比例尺缩绘在图纸上,供工程建设的规划、设计和施工各阶段使用。

2. 施工放样

施工放样也称测设,是使用各种测量仪器,把图纸上设计好的建筑物的平面位置和高程在地面上标定出来,作为施工的依据。

3. 变形监测

在建筑物施工过程中,要进行变形监测,以指导和检查工程的施工,确保施工的质量符合设计的要求;在建筑物建成后的运营管理阶段,也要进行变形监测,对建筑物的稳定性及变化情况进行监督测量,了解其变形规律,以确保建筑物的安全。

总之,在工程建设的勘测、设计、施工和运营管理各个阶段都要进行测量工作,测量工作贯穿于整个工程建设的始终。因此,从事工程建设的工程技术人员,必须掌握工程测量的基本知识和技能。

1.2 地面点位的确定

1.2.1 地球的形状和大小

地球自然表面有高山、丘陵、平原、盆地及海洋等,呈复杂的起伏形态,是一个不规则的曲面。地表上最高的珠穆朗玛峰高达 8844.43m (这个数据是 2005 年 10 月 9 日国家测绘局公布的最新测量数据,高程测量精度为 $\pm 0.21\text{m}$,峰顶冰雪深度为 3.50m)。最深的马里亚纳海沟深达 11022m。地表的高低起伏约 20km。虽然如此,但与地球的半径 6371km 比较起来仍是可以忽略不计的。通过长期的测绘工作和科学调查,了解到地球表面上海洋面积约占 71%,陆地面积约占 29%,因此,可以认为地球的形状是被海水所包围的形体。

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,重力的方向线称为铅垂线,铅垂线是测量工作的基准线。设想一个静止的海水面向陆地延伸通过大陆和岛屿形成一个包围地球的闭合的曲面,这个曲面就称为水准面。水准面是一个处处与铅垂线垂直的连续曲面,由于海水受潮汐的影响,海水面有高低,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。如图 1.1 所示。大地水准面是测量工作的基准面。大地水准面所包围的地球形体称为大地体。



用大地水准面代表地球表面的形状和大小是恰当的,但由于地球内部质量分布不均匀,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一个复杂的曲面,如图 1.1 所示。如果将地球表面上的图形投影到这个复杂的曲面上,是无法进行测量工作的,为此选用一个非常接近大地水准面,并可用数学式表达的规则的几何形体来作为地球的参考和大小,并将这个旋转椭球体称为参考椭球体。

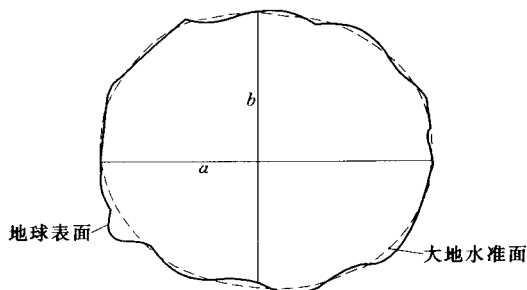


图 1.1 大地水准面

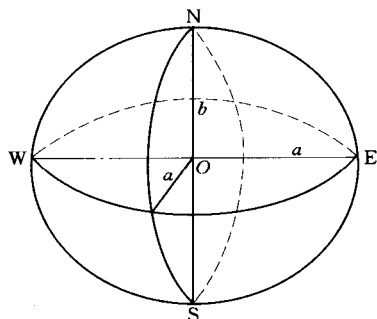


图 1.2 参考椭球体

参考椭球体是由一椭圆绕其短半轴旋转而成的椭球体。如图 1.2 所示。椭圆的长半径 a 、短半径 b 、扁率 $\alpha \left(\alpha = \frac{a-b}{a} \right)$ 是决定旋转椭球体的形状和大小的元素。目前,我国采用国际大地测量协会 IAG-75 参数: $a=6378140\text{m}$, $\alpha=1:298.257$, 推算值 $b=6356755.288\text{m}$ 。

采用椭球体定位得到的坐标系为国家大地坐标系。我国大地坐标系的原点在陕西省泾阳县永乐镇。由于地球椭球体的扁率很小,当测区面积不大时,可将地球近似地当做圆球,圆球的平均半径为 6371km 。

1.2.2 地面点位的确定

测量工作的基本任务是确定地面点的空间位置。确定地面点的空间位置需要三个要素,通常是确定地面点在基准面(参考椭球面)上的投影位置,即地面点的坐标,以及地面点到基准面(大地水准面)的铅垂距离,即高程。

1.2.2.1 地面点的坐标

在测量工作中,地面点的坐标通常有下面几种表示方法。

1. 地理坐标

地理坐标是在大区域内确定地面点的位置,以球面坐标来表示点的坐标。用经度和纬度表示地面点在旋转椭球面上的位置。如图 1.3 所示,自首子午面起,向东 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为东经,向西 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为西经;从赤道起向北 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为北纬,向南 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为南纬。我国地处北半球,各地的纬度都是北纬。图中 M 点的地理坐标为东经 $114^\circ 30'$,北纬 $45^\circ 20'$ 。

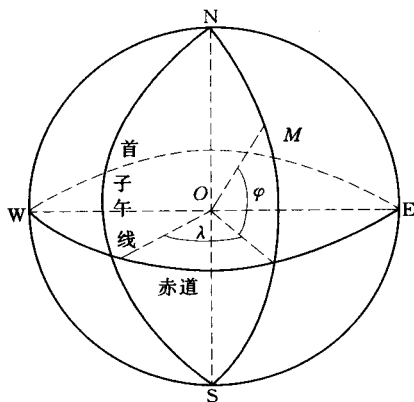


图 1.3 地理坐标



2. 平面直角坐标系

当测量区域较小时,可以将该测区内大地水准面当做平面看待,即直接将地面点沿铅垂线投影到水平面上,如图 1.4 所示。用平面直角坐标来确定点的坐标,如图 1.5 所示,原点一般选在测区西南以外,将坐标系的 x 轴选在测区西边,将 y 轴选在测区南边,使测区内部点坐标均为正值,以便计算。纵轴为 x 轴,与南北方向一致,向北为正,向南为负;横轴为 y 轴,与东西方向一致,向东为正,向西为负。顺时针方向排列象限。

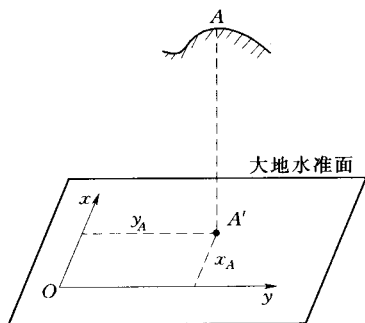


图 1.4 平面投影

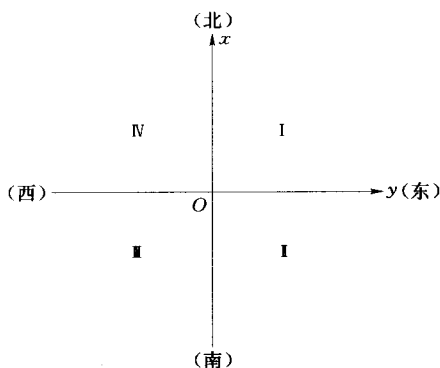


图 1.5 平面直角坐标

3. 高斯平面直角坐标系

当测区范围较大时,由于存在较大的差异,不能用水平面代替球面。应将地面点投影到椭球面上,但将球面展成平面,必然会产生皱纹或裂缝。所以必须按适当的投影方法,建立统一的平面直角坐标系,而将变形控制在误差允许范围之内,既可以保证地形图测绘的精度又便于工作。

我国现采用的是高斯-克吕格投影方法。它是由德国测量学家高斯于 1825~1830 年首先提出的,到 1912 年由德国测量学家克吕格推导出实用的坐标投影公式。

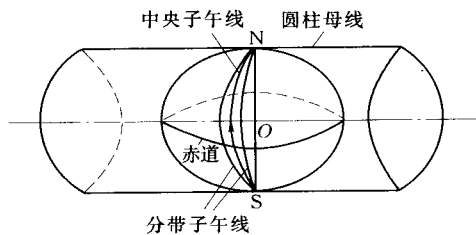


图 1.6 高斯投影原理

高斯投影的方法是:如图 1.6 所示,将地球视为一个圆球,设想用一个横圆柱体套在地球外面,并使横圆柱的轴心通过地球的中心,让圆柱面与圆球面上的某一子午线(该子午线称为中央子午线)相切,然后按照一定的数学法则,将中央子午线东西两侧球面上的图形投影到圆柱面上,再将圆柱面沿其母线剪开,展成平面,即可得投影面到平面上的图形,如图 1.7 所示。

高斯投影有以下特点:

- (1) 中央子午线投影后为直线且长度不变,其余经线为凹向中央子午线的对称曲线。
- (2) 赤道投影后为与中央子午线投影正交的直线,其余纬线的投影是凸向赤道的对称曲线。



为了使变形限制在允许范围内,按一定经差将地球椭球面划分成若干投影带,投影带的宽度以相邻两个子午线的经差来划分,主要有 6° 带和 3° 带。

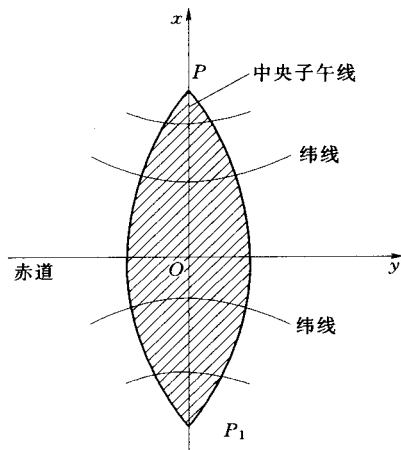


图 1.7 高斯投影面

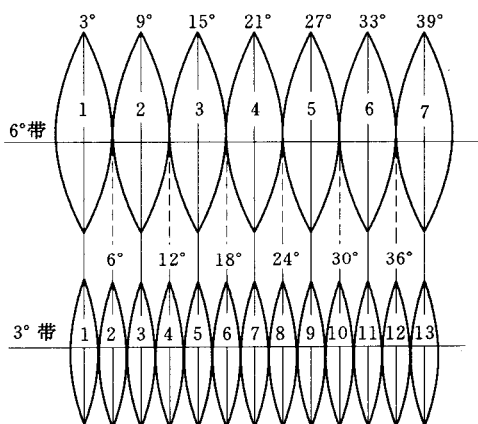


图 1.8 高斯投影分带

如图 1.8 所示, 6° 带是从 0° 子午线起每隔经差 6° 自西向东分带, 将整个地球分成 60 个投影带。用 1~60 顺序编号。

6° 带中任意带的中央子午线经度 L_0 为:

$$L_0 = 6N - 3 \quad (1.1)$$

式中 N —— 6° 投影带的带号。

如图 1.8 所示, 3° 带是在 6° 带的基础上分成的, 它是从东经 1.5° 子午线起每隔经差 3° 自西向东分带, 将整个地球分成 120 个投影带。用 1~120 顺序编号。

3° 带中任意带的中央子午线经度 L'_0 为

$$L'_0 = 3n \quad (1.2)$$

式中 n —— 3° 投影带的带号。

以分带投影后的中央子午线和赤道的交点 O 为坐标原点, 以中央子午线的投影为纵轴 x , 向北为正, 向南为负; 赤道的投影为横轴 y , 赤道以东为正, 以西为负, 建立统一的平面直角坐标系, 如图 1.9 (a) 所示。

我国位于北半球, 纵坐标均为正, 横坐标有正有负。为了方便计算, 避免横坐标出现负值, 规定将坐标原点西移 500km。如图 1.9 (b) 所示。这样带内的横坐标值均增加 500km。例如 A 点位于中央子午线为 117° 的 6° 带内, 带号为 20, $x_A = 272552.38\text{m}$, $y_A = -294542.23\text{m}$, 则横坐标为 $y_A = (-294542.24) + 500000 = 205457.76\text{m}$ 。因为不同投影带内的点可能会有相同坐标值, 也为了标明其所在投影带, 规定在横坐标前冠以带号。则 A 点横坐标为 $y_A = 20205457.76\text{m}$ 。通常将未加 500km 和未加带号的横坐标值叫做自然值; 将加上 500km 并冠以带号的叫做通用值。

1.2.2.2 地面点的高程

1. 绝对高程

地面上某点到大地水准面的铅垂距离, 称为该点的绝对高程, 又称海拔。一般用 H

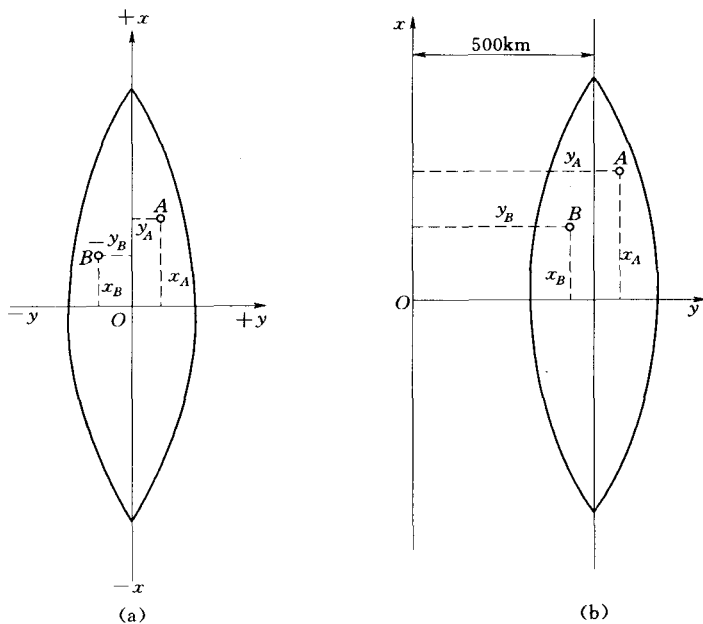


图 1.9 高斯平面直角坐标

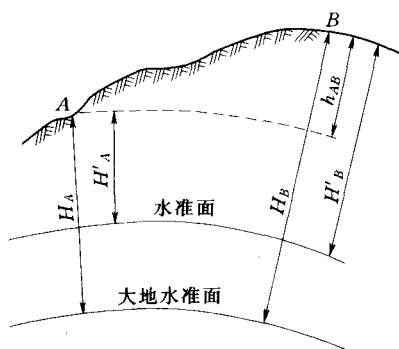


图 1.10 高程和高差示意图

表示。如图 1.10 所示。地面上 A、B 两点的绝对高程分别为 H_A 、 H_B 。由于受海潮、风浪等影响，海水面的高低时刻在变化，我国的高程是以青岛验潮站历年记录的黄海平均海水面为基准，并在青岛建立了国家水准原点。我国最初使用“1956 黄海高程系”，其青岛国家水准原点高程为 72.289m，该高程系统自 1987 年废止并起用“1985 年国家高程基准”，原点高程为 72.260m。在使用测量资料时，一定要注意新旧高程系统以及系统间的正确换算。

2. 相对高程

地面上某点到任意水准面的铅垂距离，称为该点的假定高程或相对高程。如图 1.10 中 A、B 两点的相对高程分别为 H'_A 、 H'_B 。

3. 高差

两点的高程之差称为高差，一般用 h 表示。图 1.10 中 A、B 两点的高差为 h_{AB} 。

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1.3)$$

当 h_{AB} 为正时，B 点高于 A 点；当 h_{AB} 为负时，B 点低于 A 点。

1.3 测量工作中用水平面代替水准面的限度

在实际测量工作中，在一定的测量精度要求和当测区面积不大时，往往用水平面代替



水准面，使绘图和计算工作大为简化，那么多大范围内才允许用水平面代替水准面。以下就讨论以水平面代替水准面对水平距离和高差的影响，从而明确用水平面可以代替水准面的限度。在分析过程中，将大地水准面近似看成是圆球，半径 $R=6371\text{km}$ 。

1.3.1 对水平距离的影响

如图 1.11 所示， A 、 B 为地面上两点，它们在大地上水准面上的投影为 a 、 b ，弧长为 D ，所对的圆心角为 θ 。 A 、 B 两点在水平面上的投影为 a' 、 b' ，其距离为 D' ，两者之差 ΔD 即为用水平面代替水准面所产生的误差。

$$\Delta D = D' - D$$

因为 $D' = R \tan \theta$, $D = R \theta$

则有 $\Delta D = R \tan \theta - R \theta = R(\tan \theta - \theta)$

将 $\tan \theta$ 按级数展开，并略去高次项，取前两项得：

$$\tan \theta = \theta + \frac{1}{3} \theta^3$$

$$\text{则} \quad \Delta D = \frac{1}{3} R \theta^3 \quad (1.4)$$

以 $\theta = \frac{D}{R}$ 代入式 (1.4)

$$\text{得} \quad \Delta D = \frac{D^3}{3R^2} \quad (1.5)$$

表示成相对误差为：

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2} \quad (1.6)$$

取 $R=6371\text{km}$ ，并以不同的 D 值代入式 (1.5) 和式 (1.6)，即可求得用水平面代替水准面的距离误差和相对误差，见表 1.1。

表 1.1 用水平面代替水准面对距离的影响

距离 $D(\text{km})$	距离误差 $\Delta D(\text{cm})$	相对误差 $\Delta D/D$	距离 $D(\text{km})$	距离误差 $\Delta D(\text{cm})$	相对误差 $\Delta D/D$
10	0.8	1 : 1220000	50	102.7	1 : 49000
25	12.8	1 : 200000	100	821.2	1 : 12000

由以上计算可以看出，当距离为 10km 时，以水平面代替水准面所产生的距离误差为 $\frac{1}{1220000}$ ，小于目前精密距离测量的允许相对误差 $\frac{1}{100 \times 10^4}$ 。由此可得出结论：在半径为 10km 的范围内，地球曲率对水平距离的影响可以忽略不计。对于精度要求较低的测量，还可以扩大到以 25km 为半径的范围。

1.3.2 对高差的影响

在图 1.11 中， a 、 b 两点在同一水准面上，其高差 $h_{ab}=0$ 。 a' 、 b' 两点的高差 $h_{a'b'}=\Delta h$ ，则 Δh 就是 h_{ab} 与 $h_{a'b'}$ 的差，即 Δh 为水平面代替水准面所产生的高差误差。

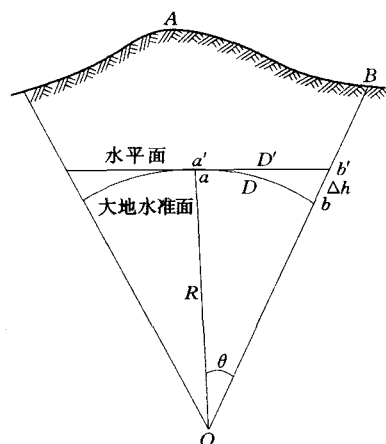


图 1.11 水平面代替水准面的影响



$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + D'^2$$

化简得

$$\Delta h = \frac{D'^2}{2R + \Delta h} \quad (1.7)$$

式 (1.7) 中, 可用 D 代替 D' , 同时 Δh 与 $2R$ 相比可略去不计, 故上式可写为:

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (1.8)$$

以不同距离 D 代入式 (1.8), 得相应的高差误差值, 列于表 1.2 中。

表 1.2 用水平面代替水准面对高差的影响

$D(\text{m})$	100	200	500	1000
$\Delta h(\text{mm})$	0.8	3.1	19.6	78.5

由表 1.2 可知, 当距离为 100m 时, 高差误差就接近 1mm, 这对高程测量来说影响很大, 所以, 在进行高程测量时, 必须考虑地球曲率对高程的影响。

1.4 测量工作概述

1.4.1 测量的基本工作

在测量工作中, 地面点的坐标和高程通常不是直接测定的, 而是通过测出待定点与已知点之间的几何关系, 观测其他要素后计算得出。

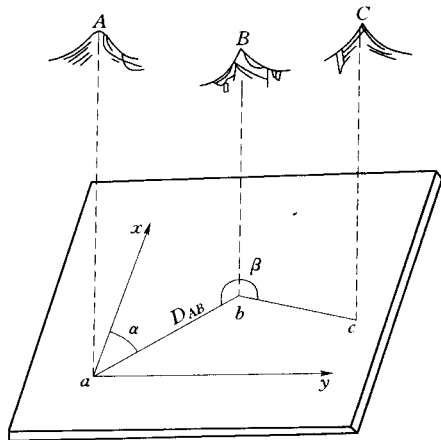


图 1.12 测量的基本要素

如图 1.12 所示, 设地面点 A 的坐标和高程已知, 要确定 B 点的位置, 需要确定在水平面上 B 点到 A 点的水平距离 D_{AB} 和 B 点位于 A 点的方位。图上 ab 的方向可以用通过 a 点的指北方向线与 ab 的夹角 (水平角) α 表示, 有了 D_{AB} 和 α , B 点在图上的坐标位置 b 就可以确定。但要进一步确定 B 点的空间位置, 除坐标位置外, 还要知道 A 、 B 两点的高低关系, 即 A 、 B 两点间的高差 h_{AB} , 这样 B 点的空间位置就完全确定了。同理, 可以确定 C 点的空间位置。

由此可知, 水平距离、水平角及高差是确定地面点相对位置的三个基本几何要素。而角度测量、距离测量和高程测量则是测量的三项基本工作。

1.4.2 测量工作的基本原则

测量工作中将地球表面复杂多样的形态分为地物和地貌两大类。地面上的河流、道路、房屋等自然物体和人工建筑物称为地物, 地势的高低起伏形态称为地貌, 地物和地貌统称为地形。

测定地物和地貌的坐标和高程, 并用平面图表示出来, 称为地形图。



要在一个已知点上测绘一个测区所有的地物和地貌是不可能的，只能测量其附近的一定范围，如图 1.13 所示，在测区内选择 A、B、C、D 等一些有控制意义的点（称为控制点），用精确的方法测定这些点的坐标和高程，然后根据这些控制点分区观测，测定其周围的地物和地貌特征点（称为碎部点）的坐标和高程。最后才能拼成一幅完整的地形图。施工放样也是如此。但不论采用何种方法、使用何种仪器进行测量或放样，都会给其成果带来误差。为了防止测量误差的逐渐传递和累积，要求测量工作必须遵循以下原则：

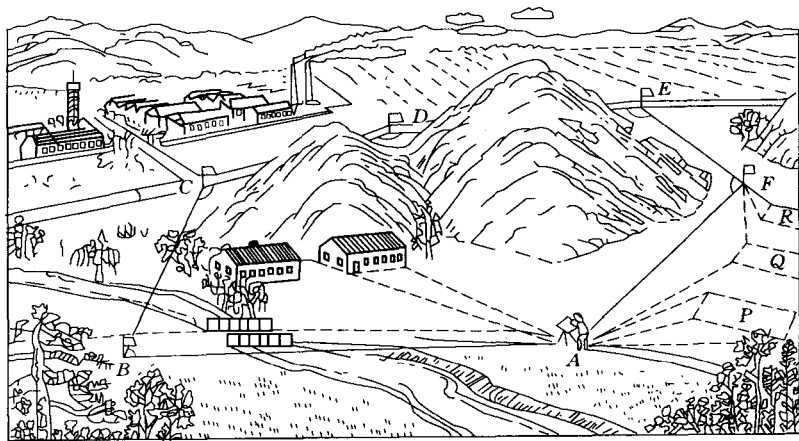


图 1.13 地形测图示意图

(1) 在布局上遵循“从整体到局部”的原则，测量工作必须先进行总体布置，然后再分期、分区、分项实施局部测量工作，而任何局部的测量工作都必须服从全局的工作需要。

(2) 在工作程序上遵循“先控制后碎部”的原则，就是先进行控制测量，测定测区内若干个控制点的平面位置和高程，作为后面测量工作的依据。

(3) 在精度上遵循“从高级到低级”的原则。即先布设高精度的控制点，再逐级发展布设低一级的交会点以及进行碎部测量。

同时，测量工作必须进行严格的检核，“前一步工作未作检核不进行下一步测量工作”是组织测量工作应遵循的又一个原则。



小 结

工程测量的任务是地形图的测绘、施工放样和变形监测。本章着重介绍测量学的基本知识。学习本章，主要掌握以下知识内容。

1. 测量工作的基准面和基准线

本章学习的重点内容就是理解测量工作的基准面和基准线，测量工作的基准面是大地水准面，基准线是铅垂线。

2. 地面点的坐标和高程