

普通高等教育规划教材

工程测量

胡伍生 主编



人民交通出版社

China Communications Press

要 點 容

要 點 容 內

本書是根據教育部頒布的高等學校工程測量課程教學大綱，並參照國內外有關教材，由具有多年教學經驗的教師編寫的。本書內容充實，由淺入深，由簡到繁，力求做到概念清晰，重點突出，並附有大量的圖表，以利於學生理解。本書可作為高等院校工程測量專業及有關專業的教材，也可供從事工程測量工作的技術人員參考。

普通高等教育规划教材

工程测量

胡伍生 主编



人民交通出版社

China Communications Press

(本書責任編輯由本社編輯部負責)

内 容 提 要

本书主要包括:绪论、测量仪器、水准测量、角度测量、距离测量、测量误差基本知识、控制测量、地形图测绘与工程应用、测设的基本工作和方法、公路工程施工测量、桥梁与隧道工程施工测量、测绘新技术应用等。本书理论论述力求简单明了,列举了大量工程实例,强调理论与实践的结合,侧重于实用性,并融入了测绘新仪器、新技术等。

本书可作为高等院校测绘、土木、交通等专业的本科或工程硕士教材,也可供交通土建工程技术人员培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量/胡伍生主编. —北京:人民交通出版社,
2007.7

ISBN 978-7-114-06464-7

I. 工… II. 胡… III. 工程测量 IV. TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 038892 号

书 名: 工程测量

著 者: 胡伍生

责任编辑: 吴有铭 (wym64298973@126.com)

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 廊坊市长虹印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 13.5

字 数: 339 千

版 次: 2007 年 7 月 第 1 版

印 次: 2007 年 7 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06464-7

印 数: 0001-3000 册

定 价: 25.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

本书在《交通土建施工测量》(胡伍生 主编)一书的基础上修订而成。全书分为五大部分,共 12 章。第一部分为第 1~5 章,介绍了测量学的基本知识,主要介绍了测量的三项基本工作:测高、测角和测距;其中,第 2 章详细介绍了目前常用的测量仪器及其使用方法,包括先进的全站仪和 GPS 接收机等;第二部分为第 6~7 章,主要介绍了测量工作的基本理论:测量误差理论和控制测量理论,并力求简单明了,以具体实例对测量理论加以说明;第三部分为第 8 章,主要介绍了地形图的基本知识,以及大比例尺地形图的测图、识图和用图;第四部分为第 9~11 章,为交通土建施工测量部分,详细介绍了公路工程施工测量、桥梁工程施工测量和隧道工程施工测量等内容;第五部分为第 12 章,结合编者的工程实践经验,介绍了当前的测绘新仪器和新技术在交通土建工程中的应用情况。

本书全书由东南大学胡伍生编写。编者希望使用本教材的教师和读者多提宝贵意见。

编 者

2007 年 1 月于南京

E-mail:ws.hu@jlonline.com

目 录

1 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 地球的形状和大小	2
1.3 地面点位的确定	3
1.3.1 地理坐标系	3
1.3.2 地心坐标系	3
1.3.3 平面直角坐标系	4
1.3.4 高程系统	5
1.4 地球曲率的影响	6
1.5 测量工作的原则及基本内容	7
1.5.1 测量工作的原则	7
1.5.2 控制测量	8
1.5.3 碎部测量	9
1.5.4 施工放样的概念	9
1.5.5 测量的基本工作	10
1.6 测量的度量单位	10
习题 1	11
2 测量仪器	12
2.1 水准仪	12
2.1.1 水准仪概述	12
2.1.2 DS ₃ 型光学水准仪	12
2.1.3 自动安平水准仪	14
2.1.4 精密水准仪	15
2.1.5 电子水准仪	16
2.2 经纬仪	18
2.2.1 经纬仪概述	18
2.2.2 DJ ₆ 型光学经纬仪	19
2.2.3 DJ ₂ 型光学经纬仪	21
2.2.4 电子经纬仪	21
2.3 光电测距仪	22
2.4 全站仪	23
2.4.1 全站仪概述	23
2.4.2 全站仪的数据通信	24
2.4.3 全站仪简介	26
2.5 GPS 接收机	28

2.5.1	GPS 定位系统简介	28
2.5.2	GPS 测量原理	30
2.5.3	GPS 接收机	31
2.6	测量仪器的保养	34
习题 2		35
3	水准测量	36
3.1	水准测量原理	36
3.2	水准测量的实施	37
3.3	水准测量数据处理	40
3.4	水准测量误差分析及注意事项	41
习题 3		43
4	角度测量	44
4.1	角度测量原理	44
4.2	水平角观测	45
4.3	竖直角观测	48
4.4	水平角测量误差分析	51
习题 4		53
5	距离测量	54
5.1	钢尺量距	54
5.2	视距测量	56
5.3	光电测距	59
习题 5		62
6	测量误差基本知识	63
6.1	测量误差概述	63
6.2	精度的概念	66
6.3	评定精度的标准	66
6.4	观测值精度的评定	68
6.5	误差传播定律及其应用	70
习题 6		72
7	控制测量	73
7.1	控制测量概述	73
7.2	方位角和坐标正反算	75
7.3	平面控制测量	77
7.3.1	导线测量	77
7.3.2	交会测量	82
7.3.3	GPS 测量	84
7.4	高程控制测量	89
7.4.1	三四等水准测量	89
7.4.2	光电测距三角高程测量	91
7.4.3	跨河高程控制测量	93

7.4.4	GPS 精密高程测量	95
习题 7		97
8	地形图测绘与工程应用	99
8.1	地形图的基本知识	99
8.2	地形图测绘	103
8.3	地形图应用的基本内容	104
8.4	利用地形图进行道路选线	107
8.5	地形图上面积的计算	107
8.6	交通土建工程土方量的计算	109
习题 8		111
9	测设的基本工作和方法	112
9.1	测设的三项基本工作	112
9.2	点的平面位置的测设方法	115
9.3	全站仪三维坐标放样法	117
9.4	已知坡度线的测设	118
习题 9		119
10	公路工程施工测量	121
10.1	公路工程施工测量概述	121
10.2	公路施工前的准备工作	121
10.3	公路中桩测量	123
10.4	曲线元素和坐标计算	125
10.4.1	单圆曲线元素的计算	125
10.4.2	缓和曲线元素的计算	127
10.4.3	曲线坐标的计算	131
10.5	曲线测设	133
10.5.1	单圆曲线的测设方法	133
10.5.2	缓和曲线的测设方法	137
10.5.3	极坐标一次放样法	143
10.6	纵横断面测量	146
10.6.1	纵断面测量	146
10.6.2	横断面测量	148
10.7	道路边桩和边坡的放样	151
10.7.1	道路边桩的放样	151
10.7.2	道路边坡的放样	153
10.8	竖曲线的测设	154
习题 10		156
11	桥梁与隧道工程施工测量	157
11.1	桥梁工程施工测量概述	157
11.2	小型桥梁施工测量	157
11.3	大中型桥梁施工测量	158

11.3.1	桥梁墩台定位测量	158
11.3.2	桥梁架设施工测量	164
11.4	桥梁施工的细部放样	165
11.5	涵洞施工测量	171
11.6	隧道工程施工测量概述	172
11.7	竖井联系测量	175
11.7.1	竖井联系测量方法及要求	175
11.7.2	竖井定向测量(一井定向)	175
11.7.3	竖井定向测量(两井定向)	178
11.7.4	竖井高程传递	181
11.8	隧道贯通测量	181
11.9	隧道竣工测量	184
习题 11		185
12	测绘新技术应用	186
12.1	全站仪路线勘测三维控制测量	186
12.2	全站仪纵横断面测量一体化技术	188
12.3	全站仪桥梁挠度变形观测	192
12.4	GPS 技术在公路工程测量中的应用	195
12.4.1	GPS 在路线勘测中的应用	195
12.4.2	RTK GPS 技术在道路定测中的应用	196
12.5	GPS 桥梁施工控制测量	198
12.6	DTM 技术在公路勘测设计中的应用	201
12.7	三维激光扫描技术在公路工程中的应用	203
习题 12		206
参考文献		207

针、浑天仪等测量仪器,为天文、航海及测绘地图作出了重要的贡献。随着人类社会需求和近代科学技术的发展,测绘技术已由常规的大地测量发展到空间卫星大地测量;由航空摄影测量发展到航天遥感技术的应用;测量对象由地球表面扩展到空间星球,由静态发展到动态;测量仪器已广泛趋向精密化、电子化和自动化。从 20 世纪 50 年代起,我国的测绘事业进一步得到了蓬勃发展,在天文大地测量、人造卫星大地测量、航空摄影与遥感、精密工程测量、近代平差计算、测量仪器研制及测绘人才培养等方面,都取得了令人鼓舞的成就。可以说,我国的测绘科学技术已居世界先进行列。

1.2 地球的形状和大小

测绘工作是在地球的自然表面上进行的,而地球自然表面是极不平坦和不规则的,其中有高达 8844.43m 的珠穆朗玛峰,也有深至 11022m 的马里亚纳海沟,尽管它们高低起伏悬殊,但与庞大的地球比较,还是可以忽略不计的。

下面介绍一下测量学中最重要概念——大地水准面。地球表面海洋面积约占 71%,陆地面积仅占 29%。因此,人们设想以一个静止不动的海水面延伸穿越陆地,形成一个闭合的曲面包围整个地球,这个闭合的曲面称之为水准面。由于海水面在涨落变化,水准面可有无数个,其中通过平均海水面的一个水准面称为大地水准面,它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,如图 1-1a) 所示。

水准面是受地球重力影响而形成的,它的特点是水准面上任意一点的铅垂线(重力作用线)都垂直于该点的曲面。由于地球内部质量分布不均匀,重力也受影响,故引起了铅垂线方向的变动,致使大地水准面成为一个有微小起伏的复杂曲面。如果将地球表面的图形投影到这个复杂曲面上,对于地形制图或测量计算工作都是非常困难的,为此,人们经过几个世纪的观测和推算,选用

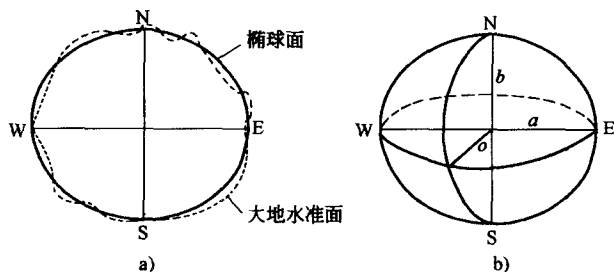


图 1-1 大地水准面与地球椭球体

一个既非常接近大地体、又能用数学公式表示的规则几何形状来代表地球的实际形体。这个几何形体是由一个椭圆 NWSE 绕其短轴 NS 旋转而成的形体,称为地球椭圆体或旋转椭球体,如图 1-1b) 所示。

决定地球椭圆体形状和大小的参数为椭圆的长半径 a 、短半径 b 及扁率 f ,其关系式为:

$$f = \frac{a-b}{a} \quad (1-1)$$

我国目前采用的参数数据为: $a=6378140\text{m}$, $b=6356755\text{m}$, $f=1:298.257$,并以陕西省西安市泾阳县永乐镇某点为大地原点,进行大地定位,由此建立了新的全国统一坐标系,即目前使用的“1980 西安坐标系”。

由于地球椭球体的扁率 f 很小,当测区面积不大时,可以把地球当作圆球来看待,其圆球

半径为： $R = \frac{1}{3}(2a+b) \approx 6371\text{km}$ 。

1.3 地面点位的确定

测量工作的根本任务是确定地面点位。要确定某地面点的空间位置,通常是求出该点相对于某基准面和基准线的三维坐标或二维坐标。下面介绍几种用以确定地面点位的坐标系。

1.3.1 地理坐标系

地理坐标系属球面坐标系,根据不同的投影面,分为天文地理坐标系和大地地理坐标系。

(1) 天文地理坐标系

天文地理坐标又称天文坐标,用天文经度 λ 和天文纬度 φ 来表示地面点投影在大地水准面上的位置,如图 1-2 所示。A 点的经度 λ 是 A 点的子午面与首子午面所组成的两面角。其计算方法为自首子午线向东或向西计算,数值在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 之间,向东为东经,向西为西经。A 点的纬度 φ 是过 A 点的铅垂线与赤道平面之间的交角,其计算方法为自赤道起向北或向南计算,数值在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 之间,在赤道以北为北纬,在赤道以南为南纬。天文地理坐标可以在地面点上用天文测量的方法测定。

(2) 大地地理坐标系

大地地理坐标系用大地经度 L 和大地纬度 B 表示地面点投影在地球椭球面上的位置。确定球面坐标 (L, B) 所依据的基本线为椭球面的法线,基本面为包含法线及南北极的大地子午面。大地经纬度是根据一个起始的大地点(称为大地原点,该点的大地经纬度与天文经纬度相一致)的大地坐标,按大地测量所得数据推算而得。

1.3.2 地心坐标系

地心坐标系属空间三维直角坐标系,用于卫星大地测量。由于人造地球卫星围绕地球运动,地心坐标系取地球质心(地球的质量中心)为坐标系原点, X、Y 轴在地球赤道平面内,首子午面与赤道平面的交线为 X 轴, Z 轴与地球自转轴相重合,如图 1-3 所示。地面点 A 的空间位置用三维直角坐标 (x_A, y_A, z_A) 表示。全球定位系统(GPS)采用的就是地心坐标系。

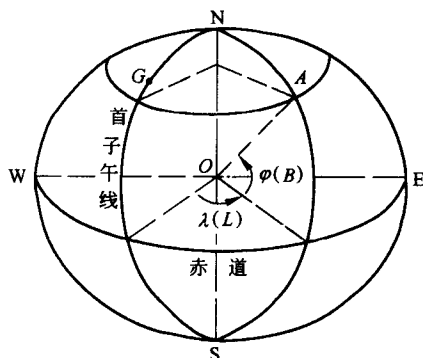


图 1-2 天文地理坐标系

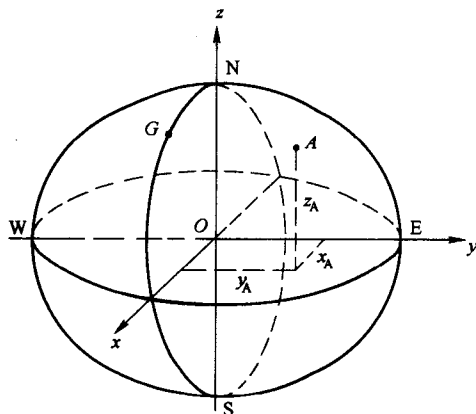


图 1-3 地心坐标系

1.3.3 平面直角坐标系

(1) 高斯平面直角坐标

地理坐标不能直接用来测图。测量上的计算最好是在平面上进行,而地球椭球面是一个曲面,不能简单地展开成平面,那么如何建立一个平面直角坐标系呢?我国是采用高斯投影来实现。

高斯投影首先是将地球按经线分为若干带,称为投影带。它从首子午线(零子午线)开始,自西向东每隔 6° 划为一带,每带均有统一编排的带号,用 N 表示,位于各投影带中央的子午线称为中央子午线(L_0),也可由东经 $1^\circ 30'$ 开始,自西向东每隔 3° 划为一带,其带号用 n 表示,如图 1-4 所示。我国国土所属范围大约为 6° 带第 13 号带至第 23 号带,即带号 $N=13\sim 23$ 。相应 3° 带大约为第 24 号带至第 46 号带,即带号 $n=24\sim 46$ 。 6° 带中央子午线经度 $L_0=6N-3$, 3° 带中央子午线经度 $L'_0=3n$ 。

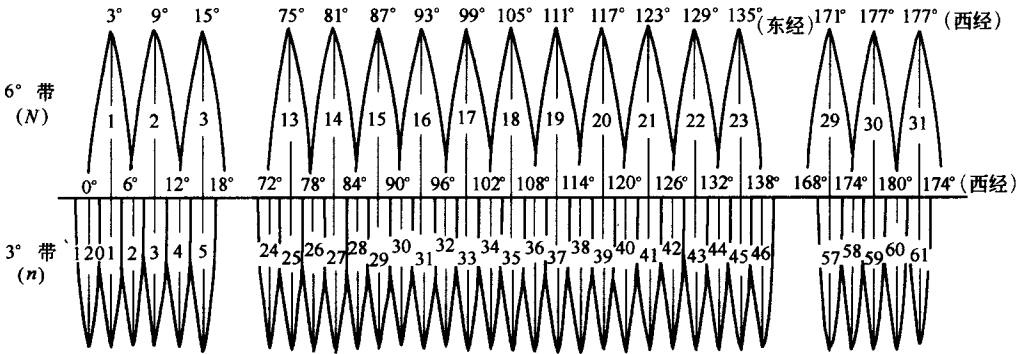


图 1-4 投影分带与 $6^\circ(3^\circ)$ 带

设想一个横圆柱体套在椭球外面,使横圆柱的轴心通过椭球的中心,并与椭球上某投影带的中央子午线相切,然后将中央子午线附近(即本带东西边缘子午线构成的范围)的椭球面上的点、线投影到横圆柱面上,如图 1-5 所示。再顺着过南北极的母线圆柱面剪开,并展开为平面,这个平面称为高斯投影平面。在高斯投影平面上,中央子午线和赤道的投影线是两条相互垂直的直线。规定中央子午线的投影为 x 轴,赤道上的投影为 y 轴,两轴交点 O 为坐标原点,并令 x 轴上原点以北为正, y 轴上原点以东为正,由此建立了高斯平面直角坐标系,如图 1-6a) 所示。在图 1-6a) 中,地面点 A 、 B 在高斯平面上的位置,可用高斯平面直角坐标 x 、 y 来表示。

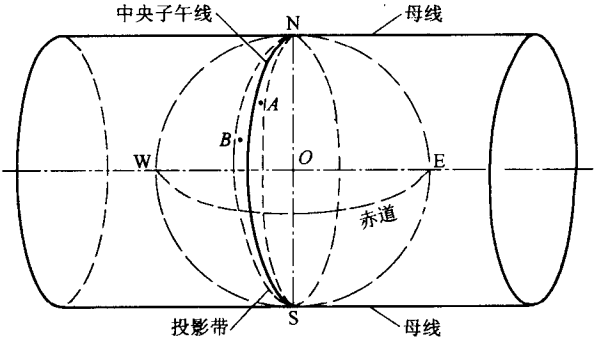


图 1-5 高斯平面直角坐标的投影

由于我国国土全部位于北半球(赤道以北),故我国国土上全部点位的 x 坐标值均为正值,而 y 坐标值则有正有负。为了避免 y 坐标值出负值,我国规定将每带的坐标原点向西移 500km,如图 1-6b)所示。由于各投影带上的坐标系是采用相对独立的高斯平面直角坐标系,为了能正确区分某点所处投影带上的位置,规定在横坐标 y 值前面冠以投影带带号。例如,图 1-6a)中 B 点位于高斯投影 6° 带,第 20 号带内($N = 20$),其真正横坐标 $y_b = -113424.690\text{m}$,按照上述规定 y 值应改写为 $Y_b = 20(-113424.690 + 500000) = 20386575.310$ 。反之,人们从这个 Y_b 值中可以知道,该点是位于 6° 第 20 号带,其真正坐标 $y_b = 386575.310 - 500000 = -113424.690\text{m}$ 。

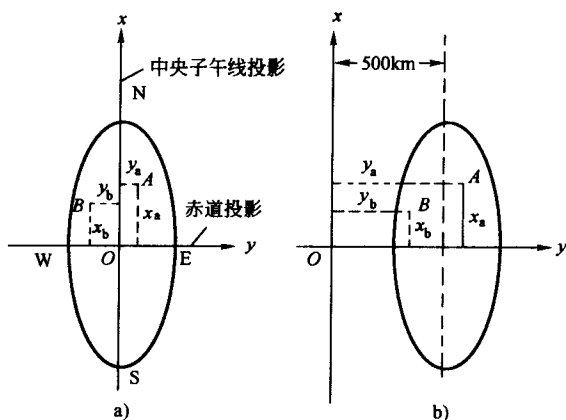


图 1-6 高斯平面直角坐标

高斯投影是正形投影,一般只需将椭球面上的方向、角度及距离等观测值经高斯投影的方向改化和距离改化后,归化为高斯投影平面上的相应观测值,然后在高斯平面坐标系内进行平差计算,从而求得地面点位在高斯平面直角坐标系的坐标。

(2) 独立平面直角坐标

当测量的范围较小时,可以把该测区的地表一小块球面当作平面看待。将坐标原点选在测区西南角,使坐标均为正值,以该地区中心的子午线为 X 轴方向,建立该地区的独立平面直角坐标系。

(3) 建筑坐标系

在房屋建筑或其他工程中,为了对其平面位置进行施工放样的方便,使所采用的平面直角坐标系与建筑设计的轴线相平行或垂直,对于左右、前后对称的建筑物,甚至可以把坐标原点设置于其对称中心,以简化计算。

1.3.4 高程系统

地面点到大地水准面的铅垂距离称为绝对高程(简称高程,又称为海拔)。图 1-7 中 A 、 B

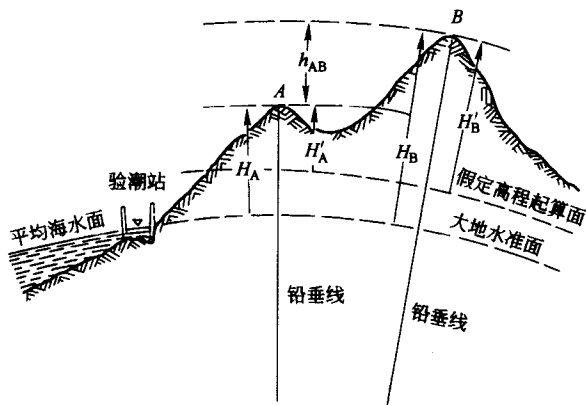


图 1-7 高程和高差

两点的绝对高程分别为 H_A 、 H_B 。

由于海水面受潮汐、风浪等影响,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,求得海水面的平均高度作为高程零点,也就是设大地水准面通过该点。在大地水准面上,绝对高程为零。大地水准面为高程的起算面。

在局部地区,有时需要假定一个高程起算面(水准面),地面点到该水准面的垂直距离称为假定高程或相对高程。如图 1-7 所示, A 、 B 点的相对高程分别为 H'_A 、

H'_B 。建筑工地常以建筑物地面层的设计地坪为高程零点,其他部位的高程均相对于地坪而言,称为标高。标高也是属于相对高程。

地面上两点间绝对高程或相对之差称为高差,用 h 表示。如图 1-7 所示, A 、 B 两点间的高差为

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

式中, h_{AB} 有正有负,下标 AB 表示 A 点至 B 点的高差。上式也表明两点间高差与高程起算面无关。

1.4 地球曲率的影响

测量工作的基准面——大地水准面是一个极其复杂的曲面,测量数据要归化计算(投影)到该曲面上是很困难的,因此,我们已将其简化为圆球面。

在普通测量范围内,将地面点投影到该圆球面上,然后再投影到平面图纸上描绘,显然这还是很复杂的工作。在实际测量工作中,在一定的精度要求和测量面积不大的情况下,往往以水平面代替水准面,即把较小一部分地球表面上的点投影到水平面上来决定其位置,这样可以简化计算和绘图工作。

从理论上讲,将极小部分的水准面(曲面)当作水平面也是要产生变形的,必然对测量观测值(如距离、高差等)带来影响。当上述这种影响较小,不超过规定的误差范围时,认为用水平面代替水准面是可以的,而且是合理的。本节主要讨论用水平面代替水准面对距离和高差的影响(或称地球曲率的影响),以便给出水平面代替水准面的限度。

1) 对距离的影响

如图 1-8 所示,设球面(水准面) P 与水平面 P' 在 A 点相切, A 、 B 两点在球面上弧长为 D , 在水平面上的距离(水平距离)为 D' , 则以水平面上距离 D' 代替球面上弧长 D 所产生的误差 ΔD 为

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

式中, R 为球面 P 的半径; θ 为弧长 D 所对角度。

将式(1-3)中 $\tan\theta$ 按级数展开,并略去高次项,得

$$\tan\theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \frac{2}{15}\theta^5 + \dots \quad (1-4)$$

将上式代入式(1-3),并顾及 $\theta = \frac{D}{R}$, 整理可得

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

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{1}{3} \left(\frac{D}{R} \right)^2 \quad (1-6)$$

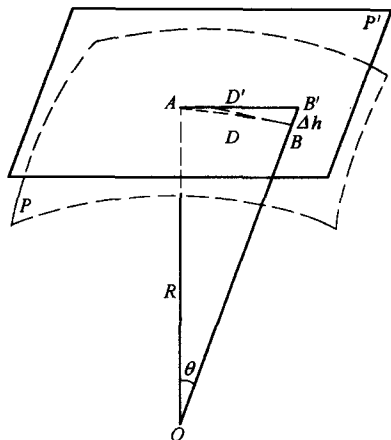


图 1-8 地球曲率的影响

若取地球平均曲率半径 $R=6371\text{km}$,并以不同的 D 值代入式(1-5)或式(1-6),则可得出距离误差 ΔD 和相应相对误差 $\Delta D/D$,如表 1-1 所列。

水平面代替水准面的距离误差和相对误差

表 1-1

距离 $D(\text{km})$	距离误差 $\Delta D(\text{mm})$	相对误差 $\Delta D/D$	距离 $D(\text{km})$	距离误差 $\Delta D(\text{mm})$	相对误差 $\Delta D/D$
10	8	1/1220000	50	1026	1/49000
25	128	1/200000	100	8212	1/12000

由表 1-1 可知,当距离为 10km 时,用水平面代替水准面(球面)所产生的距离相对误差为 1/1200000,这样小的距离误差就是在地面上进行最精密的距离测量也是允许的。因此,可以认为在半径为 10km 的范围内(相当面积 320km²),用水平面代替水准面所产生的距离误差可忽略不计,也就是可不考虑地球曲率对距离的影响。当精度要求较低时,还可以将测量范围的半径扩大到 25km(相当面积 2000km²)。

2) 对高差的影响

在图 1-8 中,A、B 两点在同一球面(水准面)上,其高程应相等(即高差为零)。B 点投影到水平面上得 B'点。则 BB'即为水平面代替水准面产生的高差误差。设 $BB'=\Delta h$,则

$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + D'^2 \quad (1-7)$$

整理得

$$\Delta h = \frac{D'^2}{2R + \Delta h} \quad (1-8)$$

上式中,可以用 D 代替 D' ,同时 Δh 与 $2R$ 相比可略去不计,则

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (1-9)$$

以不同的 D 代入式(1-9),取 $R=6371\text{km}$,则得相应的高差误差值,如表 1-2 所列。

水平面代替水准面的高差误差

表 1-2

距离 $D(\text{km})$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1	2	5	10
$\Delta h(\text{mm})$	0.8	3	7	13	20	78	314	1 962	7 848

由表 1-2 可知,用水平面代替水准面,在 1km 的距离上高差误差就有 78mm,即使距离为 0.1km(100m)时,高差误差也有 0.8mm。所以,在进行水准测量时,即使很短的距离都应考虑地球曲率对高差的影响。

1.5 测量工作的原则及基本内容

地球表面是复杂多样的,在测量工作中将其分为地物和地貌两大类。地面上固定性物体,如河流、房屋、道路、湖泊等称为地物;地面的高低起伏的形态,如山岭、谷地和陡崖等称为地貌。地物和地貌统称为地形。

测量工作的主要任务是测绘地形图和施工放样,本节扼要介绍测图和放样的大概过程,为学习后面各章建立起初步的概念。

1.5.1 测量工作的原则

测绘地形图时,一般情况下,要在某一个测站上用仪器测绘该测区所有的地物和地貌是不可能的。如图 1-9a)所示,在 A 点设站,只能测绘 A 点附近的地物和地貌,对位于山后面的部分以及较远的地区就观测不到,因此,需要在若干点上分别施测,最后才能拼接成一副完整的

地形图。如图 1-9b) 所示, 图中 P 、 Q 、 R 为设计的房屋位置, 也需要在实地从 A 、 F 两点进行施工放样。因此, 进行某一个测区的测量工作时, 首先要用较严密的方法和较精密的仪器, 测定分布在全区的少量控制点(例如图 1-9 中的 A 、 B 、 $\dots$ 、 F) 的点位, 作为测图或施工放样的框架和依据, 以保证测区的整体精度, 称为控制测量。然后在每个控制点上, 以相对较低的精度施测其周围的局部地形细部或放样需要施工的点位, 称为碎部测量。

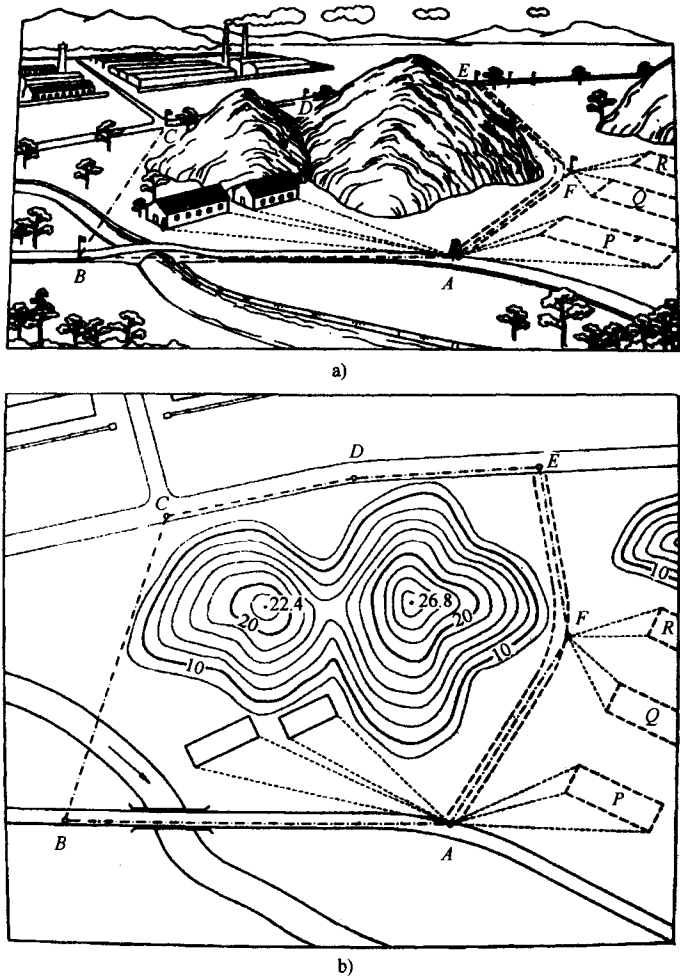


图 1-9 控制测量与碎部测量

另外, 任何测量工作都不可避免地会产生误差, 故每点(站)上的测量都应采取一定的程序和方法, 以便检查错误或防止误差积累, 保证测绘成果的质量。

因此, 在实际测量工作中应当遵守以下两个基本原则:

- (1) 在测量程序上, 应遵循“先控制后碎部”的原则。
- (2) 在测量过程中, 应遵循“随时检查, 杜绝错误”的原则。

1.5.2 控制测量

控制测量分为平面控制测量和高程控制测量。控制测量是对由一系列控制点构成的控制网进行测量和计算的。

平面控制网以连续的折线构成多边形格网,称为导线网[可参看图 1-9b)中的 $ABCDE-FA$],其转折点称为导线点,两点间的连线称为导线边,相邻两边间的夹角称为导线转折角,导线测量为测定这些转折角和边长,以计算导线点的平面直角坐标。高程控制网为由一系列水准点构成水准网,用水准测量或三角高程测量测定水准点间的高差,以计算水准点的高程。利用人造地球卫星的全球定位系统(GPS),可以同时测定控制点的坐标和高程,是控制测量的发展方向。

1.5.3 碎部测量

在控制测量的基础上,再进行碎部测量。图 1-10 所示为地形图的图解测绘法:首先,按控制点 $A、B、\dots$ 的坐标值,用一定的比例缩小,在图纸上绘出各控制点的位置 $a、b、\dots$;然后,测绘各控制点周围的地物和地貌。例如,在控制点 A 测定附近房屋的房角点 $1、2、3、\dots$,按比例缩小,连接有关线条,绘制成图。

在地面有高低起伏的地方,根据控制点,可以测定一系列地形特征点的平面位置和高程,据此可以绘制用等高线表示的地貌,如图 1-11 所示,注于线上的数字为地面的高程。

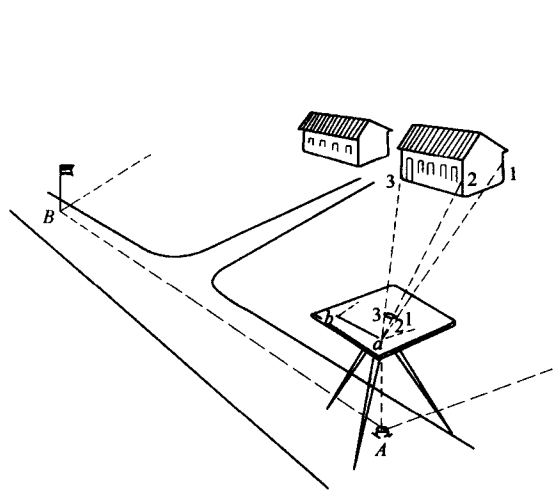


图 1-10 地物的碎部测绘

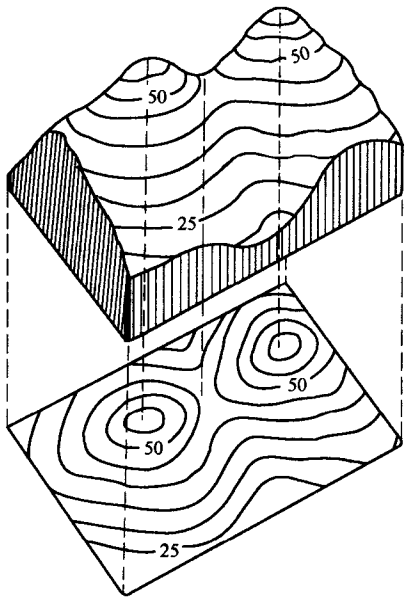


图 1-11 用等高线表示地貌

1.5.4 施工放样的概念

施工放样(测设)是把设计图上建筑物位置在实地上标定出来,作为施工的依据。为了使地面定出的建筑物位置成为一个有机联系的整体,施工放样同样需要遵循“先控制后碎部”的基本原则。

如图 1-9 所示,在控制点 $A、F$ 附近设计了建筑物 P (图中用虚线表示),现要求把它在实地标定下来。根据控制点 $A、F$ 及建筑物的设计坐标,计算水平角 $\beta_1、\beta_2$ 和水平距离 $D_1、D_2$ 等放样数据,然后在控制点 A 上,用仪器测设出水平角 $\beta_1、\beta_2$ 所指的方向,并沿这些方向测设水平距离 $D_1、D_2$,即在实地定出 $1、2$ 等点,这就是该建筑物的实地位置。

同样,根据施工控制网点的已知高程和建筑物的图上设计高程,可用水准测量方法测设出建筑物的实地设计高程。

1.5.5 测量的基本工作

综上所述,控制测量和碎部测量以及施工放样等,其实质都是为了确定点的位置。碎部测量是将地面上的点位测定后标绘到图纸上或为用户提供测量数据与成果,而施工放样则是把设计图上的建(构)筑物点位测设到实地上,作为施工的依据。可见,所有要测定的点位都离不开距离、角度及高差这三个基本观测量。因此,距离测量、角度测量和高差测量是测量的三项基本工作。

1.6 测量的度量单位

1) 长度单位

我国测量工作中法定的长度计量单位为米(meter)制单位:

$$1\text{m(米)}=10\text{dm(分米)}=100\text{cm(厘米)}=1000\text{mm(毫米)}$$

$$1\text{km(千米或公里)}=1000\text{m}$$

2) 面积单位

我国测量工作中法定的面积计量单位为平方米(m^2),大面积则用公顷(hm^2)或平方公里(km^2)。我国农业上常用市亩(mu)为面积计量单位。其换算关系如下:

$$1\text{m}^2(\text{平方米})=100\text{dm}^2=10000\text{cm}^2=1000000\text{mm}^2$$

$$1\text{mu(市亩)}=666.6667\text{m}^2$$

$$1\text{are(公亩)}=100\text{m}^2=0.15\text{mu}$$

$$1\text{hm}^2(\text{公顷})=10\,000\text{m}^2=15\text{mu}$$

$$1\text{km}^2(\text{平方公里})=100\text{hm}^2=1500\text{mu}$$

3) 体积单位

我国测量工作中法定的体积计量单位为立方米(m^3),在工程上简称为“立方”或“方”。

4) 角度单位

测量工作中常用的角度单位有“度分秒(DMS)制”和“弧度制”。

(1) 度分秒制

$$1\text{圆周}=360^\circ(\text{度}), 1^\circ=60'(\text{分}), 1'=60''(\text{秒})。$$

(2) 弧度制

弧长 l 等于半径 R 的圆弧所对的圆心角称为一个弧度,用 ρ 表示。因为整个圆周长为 $2\pi R$,故整个圆周为 2π 弧度。弧度与度分秒的关系如下:

$$\rho = \frac{180^\circ}{\pi}$$

由上式可计算一个弧度所对应的度数、分数和秒数分别为:

$$\rho^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} = 57.2957795 \approx 57.3$$

$$\rho' = \frac{180^\circ}{\pi} \times 60 = 3437'.74677 \approx 3438'$$