



高等职业教育
建筑工程技术专业精品系列教材

工程测量

(第3版)

主 编 /王 兵
副主编 /单 青 姜献东



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

内 容 提 要

本书为高等职业教育建筑工程技术专业系列教材之一。本书分为两部分:工程测量基础知识,主要介绍水准测量、角度测量、距离测量中常规测量仪器的使用、基本测量方法以及数据处理,并介绍了测量误差的相关知识和控制测量;工程测量技术,着重介绍施工测量的基本方法、建筑工程和路桥工程的施工测量方法。

本书可作为高职高专建筑工程技术、工程造价、工程管理、市政工程、道路与桥梁、工程监理、建筑装饰工程技术等专业的教学用书,也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量/王兵主编. —3 版. —重庆:重庆大学出版社,2016. 11
高等职业教育建筑工程技术专业精品系列教材
ISBN 978-7-5689-0209-0

I. ①工… II. ①王… III. ①工程测量—高等职业教育—教材 IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 254434 号

高等职业教育建筑工程技术专业精品系列教材

工程测量

(第 3 版)

主 编 王 兵

副主编 单 青 姜献东

责任编辑:范春青 版式设计:范春青

责任校对:关德强 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆华林天美印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:14.5 字数:335 千

2016 年 11 月第 3 版 2016 年 11 月第 11 次印刷

印数:25 192—29 000

ISBN 978-7-5689-0209-0 定价 29.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

以培养高职高专技能型人才为目的,适应高职高专建筑工程技术专业工程测量教学要求,更好地训练高职高专学生的工程测量技能,编写了这本《工程测量》教材。为使本教材更具先进性和实用性,编者深入测绘单位和施工单位开展广泛调研,征求相关一线技术人员的宝贵意见,增加了工程测量新仪器、新技术和新方法的介绍,强调工程测量的实训教学环节。

教材精炼工程测量基本理论及知识,理论联系实际,强调学生工程测量技能训练。教材分为两大部分:工程测量基础知识和工程测量技术。工程测量基础知识,首先介绍了水准测量、角度测量、距离测量,这部分突出常规测量仪器的操作使用、基本测量方法以及数据处理,然后介绍工程测量误差的基本知识,小地区控制测量及大比例尺地形图相关知识;工程测量技术,着重介绍施工测量的基本方法、建筑工程和路桥工程的施工测量方法。本教材强调工程中常见光学水准仪、经纬仪的教学,同时拓展介绍电子水准仪和经纬仪操作使用。用一章的篇幅介绍土木工程上特别是道路与桥梁工程上使用较多的全站仪的原理、使用方法,贴近土木工程测量的实际要求。

本教材由扬州市职业大学王兵担任主编,扬州江海职业技术学院单青、扬州工业职业技术学院姜献东担任副主编,扬州市职业大学吕凡任、尹继明参与了部分内容的编写工作。具体编写分工如下:王兵编写第7章、第8章、第9章及第10章,单青编写第5章、第6章及附录,姜献东编写第1章及第2章,吕凡任编写第3章及第4章,尹继明编写第11章。全书由王兵负责统稿。

本教材按照60学时编写,工程测量基础知识40学时,工程测量技术20学时;配套实训指导同步出版,计划30学时。由于各个学校对工程测量的要求不同,建议使用本教材时酌情选择相应内容进行教学。

本教材编写过程中力求做到内容简明扼要,文字通俗易懂,插图清晰明了。在编写过程中参考了众多同行专家论著,并借鉴精品课程相关网络资源,吸取了有关专著和学术论文的最新成果,在此一并表示感谢!在此要特别感谢教材评审专家!

由于编者水平有限,书中难免存在缺点与错误之处,恳请专家、同仁和广大读者批评指正,并将意见及时反馈给我们,以便修订时完善。

2016年5月
编者

目录

第1章 绪论	1
1.1 测量学的概念与任务	1
1.2 地球的形状和大小	2
1.3 地面点位的确定	3
1.4 用水平面代替水准面的影响及限度	6
1.5 测量工作概述	7
思考题与习题	9
第2章 水准测量	10
2.1 水准测量原理	10
2.2 水准测量的仪器及工具	11
2.3 水准仪的操作	14
2.4 地面上两水准点间高差的测定	16
2.5 水准测量的内业计算	21
2.6 水准仪的检验与校正	23
2.7 水准测量误差来源及减弱措施	26
2.8 自动安平水准仪	27
2.9 电子水准仪	28
思考题与习题	35
第3章 角度测量	37
3.1 角度测量原理	37
3.2 经纬仪的结构与使用	38
3.3 经纬仪的操作	43
3.4 水平角测量	44
3.5 竖直角测量	47
3.6 光学经纬仪的检验与校正	49
3.7 水平角测量误差	53
3.8 电子经纬仪	55
思考题与习题	64

第4章 距离测量及直线定向	66
4.1 钢尺量距	66
4.2 视距测量	70
4.3 光电测距	73
4.4 直线定向	76
思考题与习题	79
第5章 测量误差	80
5.1 测量误差概述	80
5.2 衡量精度的数字指标	83
5.3 误差传播定律	85
5.4 等精度直接观测值的最可靠值	87
思考题与习题	89
第6章 全站仪及其操作	91
6.1 全站仪及其辅助设备	92
6.2 全站仪的测量原理	96
6.3 全站仪的基本功能及其操作	100
思考题与习题	118
第7章 小地区控制测量	119
7.1 控制测量概述	119
7.2 平面控制测量	121
7.3 高程控制测量	131
思考题与习题	135
第8章 大比例尺地形图基本知识及应用	136
8.1 地形图的基本知识	136
8.2 地物和地貌在地形图上的表示方法	140
8.3 大比例尺地形图的应用	147
思考题与习题	153
第9章 施工测量基本工作	154
9.1 施工测量概述	154
9.2 施工测量的基本工作	155
9.3 点平面位置的测设	158
思考题与习题	160
第10章 建筑施工测量	162
10.1 建筑施工场地的控制测量	162
10.2 多层民用建筑施工测量	166
10.3 工业建筑施工测量	171

10.4 高层建筑施工测量	175
10.5 建筑物的变形观测	178
10.6 建筑物竣工测量	181
思考题与习题	182
第 11 章 道路与桥梁测量	183
11.1 道路基本知识	183
11.2 道路中线测量	185
11.3 圆曲线的测设	190
11.4 带有缓和曲线的平曲线测设	195
11.5 路线纵横断面测量	199
11.6 道路施工测量	206
11.7 桥梁施工测量	208
思考题与习题	217
附录	219
附录 1 测量工作中常用的计量单位	219
附录 2 测量计算中的有效数字	220
附录 3 常规测量仪器技术指标及用途	221
参考文献	224

第 1 章 绪 论

1.1 测量学的概念与任务

1.1.1 测量学的概念

测量学是一门研究地面点位空间位置的确定,将地球表面的地貌、地物、行政和权属界线测绘成图,以及将规划设计的点和线在实地标定的学科。从定义上可见,测量工作大致可分为两部分,一是将地面已有的特征点位和界线通过测量手段获得反映地面现状的图形和位置信息,供工程建设的规划设计和行政管理之用,称为测绘或测定;二是将工程建筑的设计位置及土地利用的界址划分在实地标定,作为施工和定界的依据,称为测设或放样。

1.1.2 工程测量的任务

工程测量是测量学的一个组成部分,它是研究工程建设在勘测设计、施工和运营管理阶段所进行的各种测量工作的理论、技术和方法的学科。它的主要任务是:

①依据规定的符号和比例尺,把工程建设区域内的地貌和各种物体的几何形状及其空间位置绘成地形图,并把工程建设所需的数据用数字表示出来,为规划设计提供图纸和资料。

②将拟建建(构)筑物的位置和大小按设计图纸的要求在现场标定出来,作为施工的依据,按施工要求开展各类测量工作;进行竣工测量,为工程验收、日后扩建和维护管理提供资料。

③对于一些重要建(构)筑物,在施工和运营期间进行变形观测,以了解建(构)筑物的变形规律,确保安全施工和运营,并为建筑结构和地基基础科学研究提供资料。

1.2 地球的形状和大小

1.2.1 大地水准面

测量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 8 844.43 m 的珠穆拉玛峰,也有深至 11 022 m 的马里亚纳海沟,尽管它们高低起伏悬殊,但是与半径 6 371 km 的地球比较,还是可以忽略不计的。此外,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,由大地水准面所包围的地球形体,称为大地体,如图 1.2 所示。

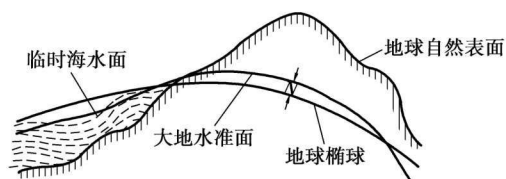


图 1.1 大地水准面示意图

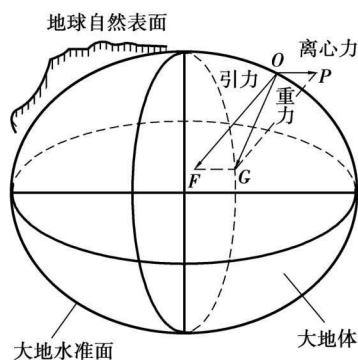


图 1.2 大地体示意图

1.2.2 参考椭球

长期测量实践表明,大地体近似于一个旋转椭球体,如图 1.3 所示。为了便于用数学模型来描述地球的形状和大小,测绘工作便取大小与大地体非常接近的旋转椭球体作为地球的参考形状和大小。旋转椭球体又称参考椭球体,它的外表面称为参考椭球面。目前我国采用的参考椭球体的参数为:

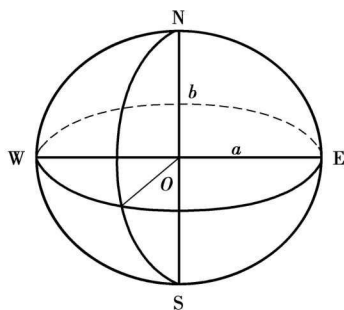


图 1.3 椭球体示意图

$$\text{长半径 } a = 6\,378\,140 \text{ m}$$

$$\text{短半径 } b = 6\,356\,755 \text{ m}$$

$$\text{扁率 } \alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.257}$$

由于参考椭球体的扁率很小,所以在测区面积不大时,在某些测量工作的计算中,可以把地球当成圆球看

待,其半径近似值可取 6 371 km。

1.3 地面点位的确定

测量工作的实质是确定地面点的位置,而地面点的位置通常需要用 3 个量表示,即该点的平面(或球面)坐标及该点的高程。因此,必须首先了解测量的坐标系统和高程系统。

1.3.1 确定点的坐标系

坐标系统是用来确定地面点在地球椭球面或投影在水平面上的位置。表示地面点位在地面或平面上的位置,通常有下列 3 种坐标系:

1) 地理坐标系

地面点在球面上位置的坐标常用经度 $L(\lambda)$ 和纬度 $B(\varphi)$ 表示,如图 1.4 所示,称为地理坐标。

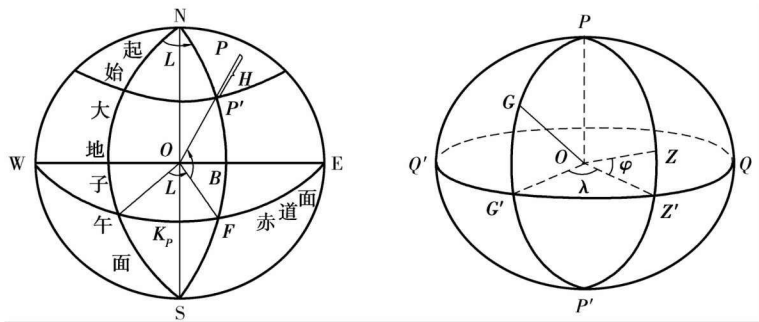


图 1.4 地理坐标系

确定球面坐标 (L, B) 所依据的基本线为铅垂线,基本面为包含铅垂线的子午面。图 1.4 中,NS 为地球的自转轴,N 为北极,S 为南极。地面上任一点 P 的铅垂线与地轴 NS 所组成的平面称为该点的子午面,子午面与地球面的交线称为子午线,也称经线。 P 点的经度 L 是 P 点的子午面与首子午面(国际公认通过英国格林尼治(Greenwich)天文台的子午面——计算经度的起始面)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,数值为 $0^\circ \sim 180^\circ$,向东为东经,向西为西经。垂直于地轴的平面与地球面的交线为纬线。垂直于地轴并通过地球中心 O 的平面为赤道平面,赤道平面与地球面相交线为赤道。 P 点的纬度 B 是过 P 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 $0^\circ \sim 90^\circ$,在赤道以北为北纬,在赤道以南为南纬。地理坐标可以在地面点上用天文测量的方法测定。例如南京市某地的大地地理坐标为东经 $118^\circ 47'$,北纬 $32^\circ 03'$ 。

2) 高斯平面直角坐标系

如果测区范围较大,就不能再将地球表面当作平面看待,但人们在规划、设计和施工中又习惯使用平面图来反映地面形态,而且在平面上进行计算和绘图要比在球面上方便得

多。这样就产生了如何将球面上的物体转换到平面上的投影变换问题。在测量工作中,是采用高斯(Gauss)投影的方法来解决的。

高斯投影的方法首先是将地球按经度划分成带,称为投影带,如图 1.5 所示。投影带是从首子午面起,每隔经度 6° 划分为一带(称为 6° 带),自西向东将整个地球划分为 60 个带,如图 1.6 所示。带号从首子午面开始,用阿拉伯数字表示,位于各带中央的子午线,第一个 6° 中央子午线的经度 L_0 为 3° ,每带中央子午线的经度 L_0 依次为 $3^\circ, 9^\circ, 15^\circ, \dots, 357^\circ$ 。带号 n 与中央子午线经度的关系为 $L_0 = 6n - 3$ 。

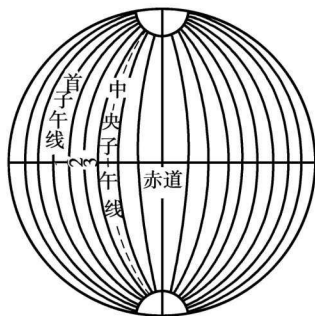


图 1.5 高斯投影

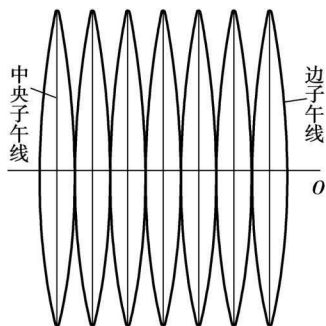


图 1.6 高斯分布带

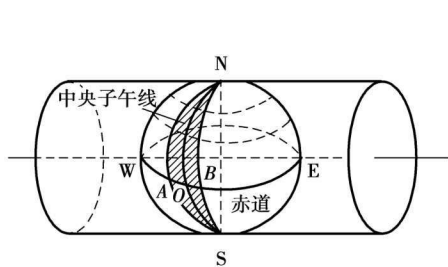
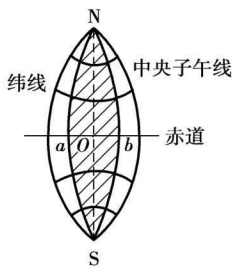


图 1.7 高斯平面直角坐标的投影



采用高斯投影时,设想取一个空心圆柱体与地球椭球体的某一中央子午线相切(如图

1.7 所示),在球面图形与柱面图形保持等角的条件下,将球面图形投影在圆柱面上。然后将柱体沿着通过南、北极的母线切开,并展开成平面。在这个平面上,中央子午线与赤道成为相互垂直的直线,分别作为高斯平面直角坐标系的纵轴(X 轴)和横轴(Y 轴),两轴的交点 O 作为坐标的原点,如图 1.8 所示。

在坐标系内,规定 X 轴向北为正, Y 轴向东为正。我国位于北半球,境内的 X 轴坐标值恒为正, Y 轴坐标值有正有负,例如,图 1.8 (a) 中, $y_A = 27\ 680\text{ m}$, $y_B = -34\ 320\text{ m}$ 。为避免出现负值,将每个投影带的坐标原点向西移 500 km ,则投影带中任一点的横坐标值恒为正值。例如,图 1.8 (b) 中, $y_A =$

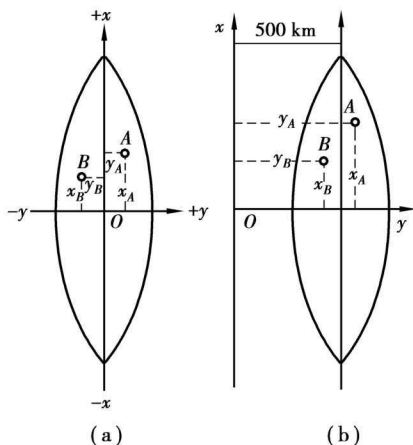


图 1.8 高斯平面直角坐标系

$500\,000\text{ m} + 27\,680\text{ m} = 527\,680\text{ m}$, $y_B = 500\,000\text{ m} - 34\,320\text{ m} = 465\,680\text{ m}$ 。

为了能确定某点在哪个 6° 带内, 在横坐标值前冠以带的编号。例如, 设 A 点位于第 18 带内, 则其横坐标值为 $y_A = 18\,527\,680\text{ m}$ 。

3) 独立平面直角坐标系

在小区域内进行测量工作, 通常采用平面直角坐标系。在没有国家控制点或不便于与国家控制点联测的小地区测量中, 允许暂时建立独立坐标系以保证测量工作的顺利开展。测量工作中所采用的平面直角坐标系与数学上的平面直角坐标系规定不同, x 轴与 y 轴互换, 象限的顺序也相反, 如图 1.9 所示。不过, 因为轴向与象限顺序同时都改变, 测量坐标系与数学上的坐标系是一致的, 因此数学中的公式可以直接应用到测量计算中。

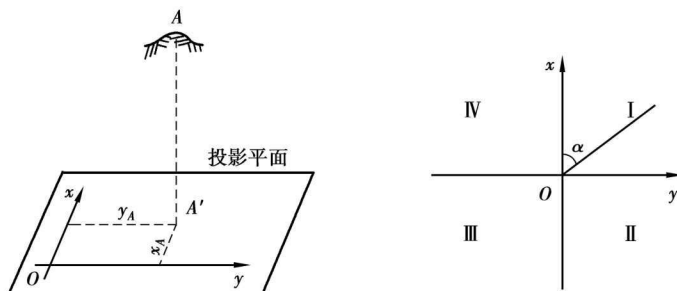


图 1.9 测量平面直角坐标系

1.3.2 高程系统

为了确定地面点的空间位置, 除了要确定其在基准面上的投影位置外, 还应确定其沿投影方向到基准面的距离, 即确定地面的高程。

地面点到大地水准面的铅垂距离, 称为该点的绝对高程 (简称高程, 又称海拔), 图 1.10 中 A, B 两点的绝对高程分别为 H_A, H_B 。

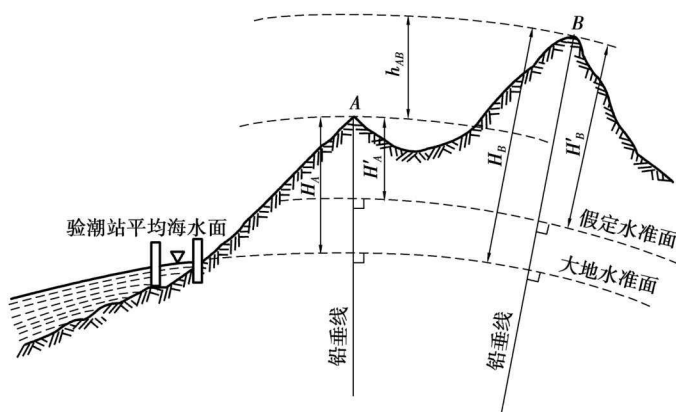


图 1.10 高程系统

如果基准面不是大地水准面而是任意假定水准面时, 则点到假定水准面的距离称为相对高程或假定高程, 用 H' 表示。

高程值有正有负,在基准面以上的点,其高程值为正,反之为负。

地面上两点间绝对高程或相对高程之差称为高差,用 h 表示。图 1.10 中 A 点到 B 点的高差为:

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1.1)$$

高差有正、负之分,它反映相邻两点间的地面是上坡还是下坡,如果 h 为正,是上坡; h 为负,是下坡。

新中国成立以来,我国曾以青岛验潮站多年观测资料求得的黄海平均海水面作为我国的大地水准面(高程基准面),由此建立了“1956 年黄海高程系统”,并在青岛市观象山上建立了国家水准点,其基点高程 $H = 72.289 \text{ m}$ 。随着几十年验潮站观测资料的积累与计算,更加精确地确定了黄海平均海水面,于是在 1987 年启用“1985 年国家高程基准”,此时测定的国家水准基点高程 $H = 72.260 \text{ m}$ 。根据国家测绘总局国测发[1987]198 号文件通告,此后全国都应以“1985 年国家高程基准”作为统一的国家高程系统。现在仍在使用的“1956 年黄海高程系统”及其他高程系统均应统一到“1985 年国家高程基准”的高程系统上。在实际测量中,特别要注意高程系统的统一。

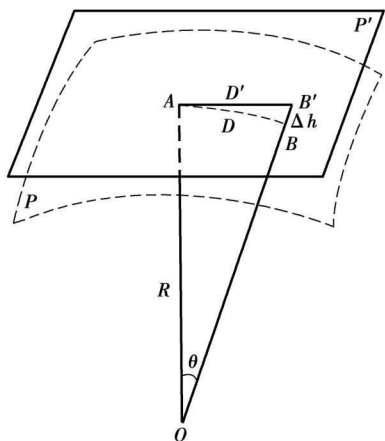
1.4 用水平面代替水准面的影响及限度

当测区范围小,用水平面代替水准面所产生的误差不超过测量误差的容许范围时,可以用水平面向代替水准面。但是在多大面积范围才容许这种代替,有必要加以讨论。为讨论方便,假定大地水准面为圆球面。

1) 对距离的影响

如图 1.11 所示,设球面(水准面) P 与水平面 P' 在点 A 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' ,即

$$D = R\theta \quad D' = R \tan \theta$$



式中 R ——球面的半径;

θ ——弧长所对的角度。

以水平面距离 D' 代替球面上弧长 D 所产生的误差 ΔD , 则

$$\Delta D = D' - D = R(\tan \theta - \theta) \quad (1.2)$$

将式(1.2)中 $\tan \theta$ 按级数展开,并略去高次项,得

$$\tan \theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \frac{2}{15}\theta^5 + \dots$$

将上式代入式(1.2),因 $\theta = \frac{D}{R}$,整理可得

$$\Delta D = \frac{D^3}{3R^2} \quad (1.3)$$

图 1.11 水平面代替水准面的影响

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{1}{3} \left(\frac{D}{R} \right)^2 \quad (1.4)$$

若取地球半径 $R = 6\,371\text{ km}$, 并以不同的 D 值代入式(1.3)和式(1.4), 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。

表 1.1 水平面代替水准面的距离误差和相对误差

距离 D/km	距离误差 $\Delta D/\text{cm}$	相对误差 $\Delta D/D$
10	0.8	1 : 1 250 000
25	12.8	1 : 200 000
50	102.7	1 : 49 000
100	821.2	1 : 12 000

由表 1.1 可知, 当距离为 10 km 时, 以平面代替曲面所产生的距离相对误差为 1 : 120 万, 这样微小的误差, 就是在地面上进行最精密的距离测量也是容许的。因此, 在半径为 10 km 的范围内, 以水平面代替水准面所产生的距离误差可以忽略不计。

2) 对高差的影响

在图 1.11 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而产生的高差误差。设 $BB' = \Delta h$, 则

$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + D^2 \quad (1.5)$$

整理得

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

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

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

以不同的 D 代入式(1.6), 取 $R = 6\,371\text{ km}$, 则得相应的高差误差值, 如表 1.2 所列。

表 1.2 水平面代替水准面的高差误差

距离 D/km	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1	2	5	10
$\Delta h/\text{cm}$	0.08	0.3	0.7	1.3	2	8	31	196	785

由表 1.2 可知, 以水平面代替水准面, 在 1 km 的距离上, 高差误差就有 8 cm。因此, 当进行高程测量时, 应顾及水准面曲率(又称地球曲率)的影响。

1.5 测量工作概述

测量工作可以分为两大类, 即地形图测量(或称“测定”)和施工放样(或称“测设”)。地球表面复杂多样的形态可分为地物和地貌两大类: 地面上由人工建造的固定附着

物,如房屋、道路、桥梁、界址等称为地物;地面上自然形成的高低起伏等变化,如高山、深谷、陡坡、悬崖等,称为地貌。地物和地貌总称为地形。

地形图测绘(或称“测定”)是指将地面所有地物和地貌,使用测量仪器,按一定的程序和方法,根据地形图图式所规定的符号,并按一定的比例尺测绘在图纸上的全部工作。

施工放样(或称“测设”)则是根据图上设计好的厂房、道路、桥梁等的轴线位置、尺寸及高程等,计算出各特征点与控制点之间的距离、角度、高差等数据,将其如实地标定到地面。

1.5.1 测量工作应遵循的原则

测绘地形图或放样建筑物位置时,要在某一点上测绘出该测区全部地形或者放样出建筑物的全部位置是不可能的。如图 1.12(a)所示的 A 点,在该点只能测绘附近的地形或放样附近的建筑物位置(如图中拟建建筑物 P),对于位于山后面的部分以及较远的地形就观测不到。因此,需要在若干点上分区施测,最好将各分区地形拼接成一幅完整的地形图,如图 1.12(b)所示。施工放样也是如此。但是,任何测量工作都会产生不可避免的误差,故每点(站)上的测量都应采取一定的程序和方法,遵循测量的基本原则,以防误差积累,保证测绘成果的质量。

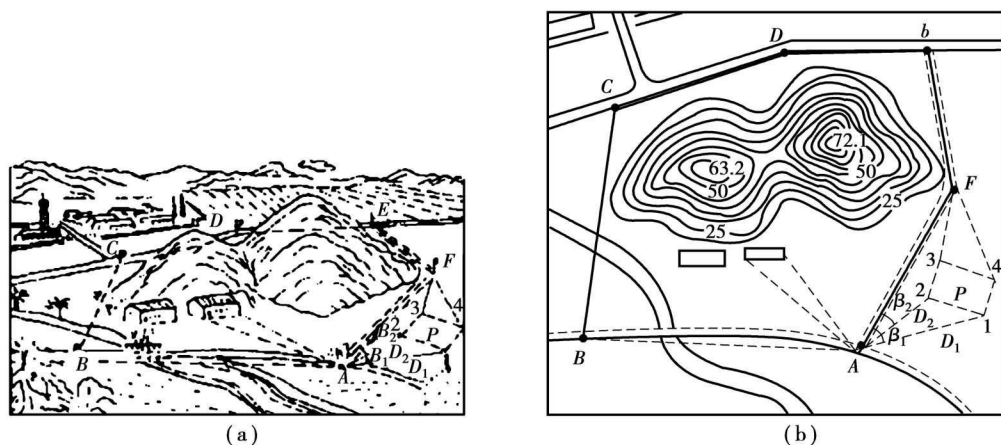


图 1.12 地形和地形图示意图

在实际测量工作中应当遵守以下基本原则:

①在测量布局上,应遵循“由整体到局部”的原则;在测量精度上,应遵循“由高级到低级”的原则;在测量次序上,应遵循“先控制后碎部”的原则。

②在测量过程中,应遵循“前一步测量工作未作校核,不进行下一步测量工作”的原则。

1.5.2 控制测量的概念

1) 控制测量

测量工作的原则是“从整体到局部,先控制后碎部”,就是说要先在测区内选择一些有

控制意义的点,用精确的方法测定它们的平面位置和高程,然后再根据它们测定其他地面点的位置。在测量工作中,将这些有控制意义的点称为控制点,由控制点所构成的几何图形称为控制网,而将精确测定控制点点位的工作称为控制测量。

控制测量包括平面控制测量和高程控制测量。

2) 碎部测量

一般将表示地物形态变化的点称为地物特征点,也叫碎部点。测图工作主要就是测定这些碎部点的平面坐标和高程。测量工作中,将测定碎部点的工作,称为碎部测量。因此,测定碎部点的位置通常分两步进行:先进行控制测量,再进行碎部测量。

1.5.3 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绘标到图纸上或为用户提供测量数据和成果;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,所有要测的点位都离不开距离、角度及高差这3个基本观测量。因此,距离测量、角度测量和高差测量(水准测量)是测量的三项基本工作。

测量工作一般分为外业和内业两种。外业工作的内容包括应用测量仪器和工具在测区内所进行的各种测定和测设工作;内业工作是将外业观测的结果加以整理、计算,并绘制成图以便使用。

思考题与习题

- 1.1 测量学研究的基本内容是什么?
- 1.2 测定与测设有何区别?
- 1.3 测量所用平面直角坐标系同数学上通常所用的平面直角坐标系有什么不同?
- 1.4 何谓大地水准面?它有什么特点和作用?
- 1.5 什么是绝对高程、相对高程及高差?
- 1.6 用水平面代替水准面对水平距离和高差分别有何影响?
- 1.7 已知 A, B 两点高程分别为 $H_A = 640.632\text{ m}$, $H_B = 730.239\text{ m}$,求 h_{AB} 和 h_{BA} 。
- 1.8 测量工作的基本原则是什么?基本工作是什么?
- 1.9 工程测量的主要任务是什么?

第2章 水准测量

在测量工作中,要确定地面点的空间位置,即要确定地面点的平面坐标和地面点的高程。高程测量按使用的仪器和施测方法分为水准测量和三角高程测量。水准测量是利用水准仪提供的水平视线,对位于待测定高差的两点上的水准尺进行读数,以测得两点间的高差,进而由已知点的高程推算未知点的高程,一般适用于平坦地区;三角高程测量是用经纬仪和测距仪测定垂直角和距离,按照三角原理计算两点间的高差,适用于非平坦地区。水准测量是高程测量的主要方法,本章主要介绍水准测量。

2.1 水准测量原理

水准测量是利用水准仪提供的水平视线,对竖立在两点上的水准尺读数,以测定两点间的高差,从而由已知点的高程推算未知点的高程。

如图2.1所示,已知A点高程,欲测定B点的高程,可在A,B两点的中间安置一台能够提供水平视线的仪器——水准仪,A,B两点上竖立水准尺,读数分别为 a 、 b 。

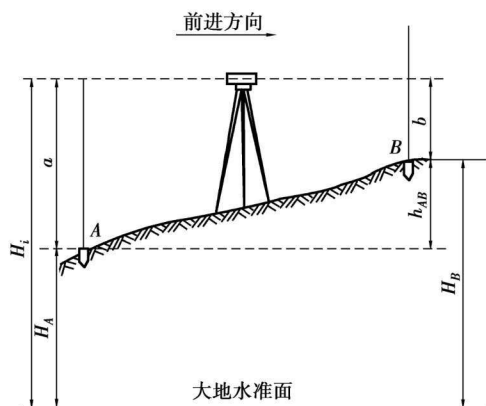


图 2.1 水准测量基本原理

则A,B两点的高差为:

$$h_{AB} = H_B - H_A = a - b \quad (2.1)$$

而 B 点的高程为:

$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (2.2)$$

这里高差用 h_{AB} 表示,其含义是由 A 到 B 的高差,若写成 h_{BA} 则指从 B 到 A 的高差。若水准测量是从 A 点向 B 点进行的,则称 A 点为后视点,其水准尺读数为后视尺读数;称 B 点为前视点,其水准尺读数为前视尺读数。 A 点和 B 点的高差 h_{AB} 有正负:高差为正,表示 B 点比 A 点高;高差为负,表示 B 点比 A 点低。

以上利用高差计算高程的方法,称为高差法。

由图 2.1 可知, A 点的高程加上后视读数等于水准仪的视线高程,简称视线高程,设 H_i ,即

$$H_i = H_A + a \quad (2.3)$$

则 B 点高程等于视线高程减去前视读数,即

$$H_B = H_i - b = (H_A + a) - b \quad (2.4)$$

由式(2.4)用视线高程计算 B 点高程的方法,称为视线高程法。当需要安置一次仪器测得多个前视点高程时,利用视线高程法比较方便。

2.2 水准测量的仪器及工具

水准测量所使用的仪器为水准仪,使用的工具为水准尺和尺垫。水准仪按其精度分为 DS_{05} , DS_1 , DS_3 , DS_{10} 几种等级。“D”和“S”是“大地”和“水准仪”的汉语拼音的第一个字母,其下标的数值为水准仪每千米往返误差中数的偶然中误差,以毫米计(05 代表 0.5 mm,1 代表 1 mm,以此类推)。 DS_{05} , DS_1 级水准仪一般称为精密水准仪, DS_3 , DS_{10} 级水准仪一般称为工程水准仪或称为普通水准仪。本节主要介绍 DS_3 级水准仪。

2.2.1 DS_3 级水准仪的构造

DS_3 水准仪由望远镜、水准器和基座 3 部分组成,如图 2.2 所示。

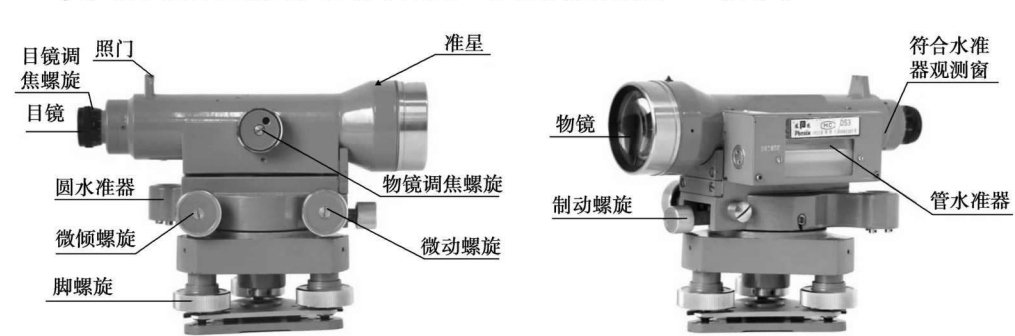


图 2.2 DS_3 水准仪