

工程测量

郑子儒 主编



中国建材工业出版社

工程测量

郑子儒 主编

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程测量/郑子儒主编. --北京: 中国建材工业出版社, 2018.8

ISBN 978-7-5160-2360-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 180947 号

工程测量

郑子儒 主编

出版发行: 中国建材工业出版社

地址: 北京市海淀区三里河路 1 号

邮编: 100044

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 10

字数: 260 千字

版次: 2018 年 8 月第 1 版

印次: 2018 年 8 月第 1 次

定价: 35.00 元

本社网址: www.jccbs.com 微信公众号: zgjcgycbs

本书如出现印装质量问题, 由我社市场营销部负责调换。联系电话: (010)88386906

前 言

工程测量是高职高专教育土建类专业开设的一门重要的专业基础课,重点讲解建筑工程测量的基本知识、测量仪器的使用、建筑工程实地测设以及施工测量、道路施工测量等内容,对培养学生的专业能力、上岗能力和职业素养具有重要的作用。

教材内容包括工程测量概述、水准测量、角度测量、距离测量、全站仪和GPS的使用、高程控制测量、平面控制测量、施工测量基本知识、民用建筑施工测量、道路施工测量等。

本教材属于校企合作开发教材,与山东森迈图测绘地理信息有限公司共同编写,具有较强的实用性和针对性,强调工学结合,突出“以能力为本位”的指导思想,契合实际工作岗位和技能比赛的要求,容教、学、做、赛为一体,力求做到基本概念准确、内容紧扣培养目标、容易上手实践,符合现行的工程测量规范,体现高职教育特点,能满足高职教育培养技术应用型人才的要求。

本教材由郑子儒担任主编,刘慧、薄成玉担任副主编,丁玉华、山东森迈图测绘地理信息有限公司董事长王德亮担任编委,其中项目一、项目二、项目六、项目九、项目十一由郑子儒编写,项目三、项目八由刘慧编写,项目四、项目七由薄成玉编写,项目五由丁玉华编写,项目十由王德亮编写。

在教材编写过程中,得到了山东森迈图测绘地理信息有限公司、南方测绘科技股份有限公司、科力达仪器有限公司的大力支持,在此一并致谢。

限于编者的水平、经验,书中难免存在缺点和错误,敬请专家和广大读者批评指正。

编 者
2018年7月

目 录

第一篇 测量基础知识	1
项目一 绪论	1
模块一 工程测量概述	1
模块二 地球表面上点位的确定	3
模块三 测量误差基本知识	7
项目二 水准测量	10
模块一 水准测量原理	10
模块二 微倾式水准仪的使用	13
模块三 自动安平水准仪的使用	16
模块四 普通水准测量	17
模块五 电子水准仪的使用	22
模块六 水准测量误差	24
项目三 角度测量	26
模块一 角度测量原理	26
模块二 光学经纬仪的使用	27
模块三 水平角测量	32
模块四 竖直角测量	35
模块五 电子经纬仪的使用	39
模块六 角度测量的误差	42
项目四 距离测量	45
模块一 钢尺量距	45
模块二 视距测量	49
第二篇 通用测量技术	53
项目五 全站仪和 GPS 的使用	53
模块一 全站仪的使用	53
模块二 GPS 的使用	58
项目六 高程控制测量	68
模块一 三、四等水准测量	68
模块二 一、二等水准测量赛事要求	71
项目七 平面控制测量	77
模块一 直线定向	77
模块二 导线测量	79
项目八 施工测量的基本知识	92
模块一 施工测量概述	92

模块二	测设的基本工作	93
模块三	点的平面位置的测设	96
模块四	已知坡度直线的测设	100
第三篇	专业测量技术	102
项目九	民用建筑施工测量	102
模块一	建筑基线和建筑方格网	102
模块二	建筑物定位与放线	103
模块三	基础施工测量	104
模块四	墙体施工测量	106
项目十	道路施工测量	107
模块一	中线测量	107
模块二	圆曲线测设	110
模块三	缓和曲线测设	114
模块四	平面直角坐标的换算	117
项目十一	地形图的测绘	119
模块一	地形图的基本知识	119
模块二	大比例尺数字化测图	126
附 录		129
参考文献		153

第一篇 测量基础知识

项目一 绪论

学习目标:

知识目标: 了解工程测量的任务和工程测量在工程中的作用; 掌握地面点位的确定方法; 了解测量误差基本知识。

技能目标: 掌握确定地面点位常用的坐标系和高程系的计算方法。

素质目标: 养成认真仔细、严守规范的良好习惯, 养成自主学习、交流沟通的良好习惯, 树立终身学习的理念。

学时建议: 4 学时。

任务导入: 世界地图、中国地图、山东省地图、东营市地图是怎么绘制出来的? 一幢幢高楼大厦、一条条高速公路、一座座跨海大桥是怎么建造出来的? 这都少不了测量测绘的功劳。本书将带领同学们揭开测量测绘工作的神秘面纱。

模块一 工程测量概述

一、测量学及其分类

测量学是研究获取反映地球形状、地球重力场、地球上自然和社会要素的位置、形状、空间关系、区域空间结构的数据的科学和技术。它的主要任务有三个方面: 一是研究确定地球的形状和大小, 为地球科学提供必要的数据和资料; 二是将地球表面的地物地貌测绘成图; 三是将图纸上的设计成果测设至现场。根据研究的具体对象及任务的不同, 传统上又将测量学分为以下几个主要分支学科:

1. 大地测量学

大地测量学是研究和确定地球形状、大小、重力场、整体与局部运动和地表面点的几何位置以及它们的变化的理论和技术的学科。其基本任务是建立国家大地控制网, 测定地球的形状、大小和重力场, 为地形测图和各种工程测量提供基础起算数据; 为空间科学、军事科学及研究地壳变形、地震预报等提供重要参考资料。

2. 普通测量学

普通测量学是研究地球表面一个较小的局部区域的形状和大小。由于地球半径很大, 就可以把地球表面当成平面看待而不考虑地球曲率的影响。普通测量学的主要任务是图根控制网的建立、地形图的测绘及工程的施工测量。

3. 摄影测量与遥感学

摄影测量与遥感学是研究利用电磁波传感器获取目标物的影像数据，从中提取语义和非语义信息，并用图形、图像和数字形式表达的学科。其基本任务是通过摄影像片或遥感图像进行处理、量测、解译，以测定物体的形状、大小和位置进而制作成图。

4. 制图学

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

5. 工程测量学

工程测量学是研究在工程建设的设计、施工和管理各阶段中进行测量工作的理论、方法和技术。工程测量是测绘科学与技术国民经济和国防建设中的直接应用，是综合性的应用测绘科学与技术。

二、工程测量的分类

按工程建设的进行程序，工程测量可分为规划设计阶段的测量、施工建设阶段的测量和竣工后运营管理阶段的测量。规划设计阶段的测量主要是提供地形资料，取得地形资料的方法是，在所建立的控制测量的基础上进行地面测图或航空摄影测量。施工建设阶段的测量的主要任务是按照设计要求在实地准确地标定建筑物各部分的平面位置和高程，作为施工与安装的依据，一般也要求先建立施工控制网，然后根据工程的要求进行各种测量工作。竣工后运营管理阶段的测量，包括竣工测量以及为监视工程安全状况的变形观测与维修养护等测量工作。

按工程测量所服务的工程种类，可分为建筑工程测量、线路测量、桥梁与隧道测量、矿山测量、城市测量和水利工程测量等。此外，还将用于大型设备的高精度定位和变形观测称为高精度工程测量；将摄影测量技术应用于工程建设称为工程摄影测量；将全站仪或地面摄影仪为传感器、在电子计算机支持下的测量系统称为三维工业测量。

三、工程测量的内容

根据工程测量的任务与作用，它包括两个部分：

一是测定（测绘）——由地面到图形。指使用测量仪器，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。

二是测设（放样）——由图形到地面。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。

四、测量的基本工作

控制测量、碎部测量以及施工放样的实质都是为了确定点的位置，而点位的确定都离不开距离、角度和高程这三个基本观测量，因此，测量的三项基本工作是：距离测量、角度测量和高程测量。

五、测量工作的原则

为了防止测量误差的逐渐传递和积累，要求测量工作必须遵循以下基本原则：

（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。测量工作不能一开始就测量碎部

点,而是先在测区内统一选择一些起控制作用的点,将它们的平面位置和高程精确地测量计算出来,这些点被称作控制点,由控制点构成的几何图形称作控制网,然后再根据这些控制点分别测量各自周围的碎部点。

(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。

(4) 在衔接上遵循“前一步工作未作检核不进行下一步测量工作”的原则。测量工作必须进行严格的检核。

模块二 地球表面上点位的确定

一、地球的形状和大小

测绘工作大多是在地球表面上进行的,测量基准的确定、测量成果的计算及处理都与地球的形状和大小有关。

地球的自然表面是很不规则的,其上有高山、深谷、丘陵、平原、江湖、海洋等,最高的珠穆朗玛峰高出海平面 8844.43m,最深的太平洋马里亚纳海沟低于海平面 11022m,其相对高差约 20km,与地球的平均半径 6371km 相比,是微不足道的,就整个地球表面而言,陆地面积占 29%,而海洋面积占 71%。因此,我们可以设想地球的整体形状是被海水所包围的球体,将一静止的海洋面扩展延伸,使其穿过大陆和岛屿,形成一个封闭的曲面,如图 1-1 所示。静止的海水面称作水准面。由于海水受潮汐风浪等影响而时高时低,故水准面有无穷多个,其中与平均海水面相吻合的水准面称作大地水准面。由大地水准面所包围的形体称为大地体,通常用大地体来代表地球的真实形状和大小。

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。水准面的特性是处处与铅垂线垂直,由于地球内部质量分布不均匀,致使地面上各点的铅垂线方向产生不规则变化,所以,大地水准面是一个不规则的无法用数学式表述的曲面,在这样的面上是无法进行测量数据的计算及处理的。因此人们进一步设想,用一个与大地体非常接近的又能用数学式表述的规则球体即旋转椭球体来代表地球的形状。如图 1-2 所示,它是由椭圆 PEP_1Q 绕短轴 PP_1 旋转而成。旋转椭球体的形状和大小由椭球基本元素确定,即

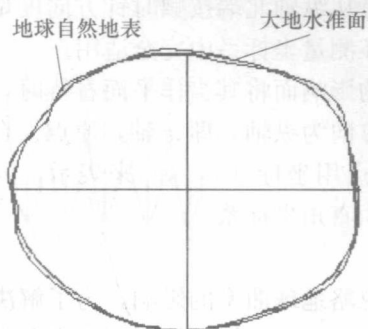


图 1-1 地球自然表面

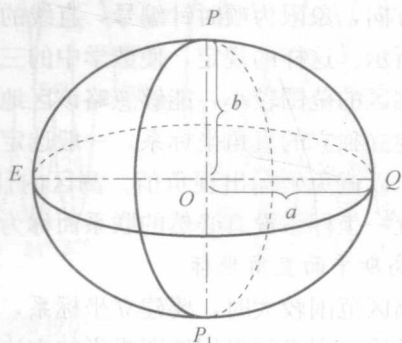


图 1-2 旋转椭球体

长半径 $a=6378140\text{m}$

短半径 $b=6356755\text{m}$

扁率 $\alpha=(a-b)/a=1:298.257$

某一国家或地区为处理测量成果而采用与大地体的形状大小最接近,又适合本国或本地区要求的旋转椭球,这样的椭球体称为参考椭球体。确定参考椭球体与大地体之间的相对位置关系,称为椭球体定位。参考椭球体面只具有几何意义而无物理意义,它是严格意义上的测量计算基准面。采用参考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。

由于参考椭球的扁率很小,在小区域的普通测量中可将地(椭)球看作圆球,其半径 $R=(a+b)/2=6371\text{km}$ 。如果区域很小并且要求的精度不高时,也可以将这片区域当作平面进行测量。

水准面和铅垂线就是实际测量工作所依据的面和线。

二、地面点位置的确定

地面点的位置需用二维坐标和高程组成的三维量来确定。坐标表示地面点投影到基准面上的位置,包括横坐标和纵坐标两个值,高程表示地面点沿投影方向到基准面的距离。根据不同的需要可以采用不同的坐标系和高程系。

1. 地理坐标

当研究和测定整个地球的形状或进行大区域的测绘工作时,可用地理坐标来确定地面点的位置。

该坐标用大地经度和大地纬度表示,大地经度用 L 表示,其值分为东经 $0^\circ\sim 180^\circ$ 和西经 $0^\circ\sim 180^\circ$ 。大地纬度用 B 表示,其值分为北纬 $0^\circ\sim 90^\circ$ 和南纬 $0^\circ\sim 90^\circ$ 。我国 1954 年北京坐标系和 1980 年国家大地坐标系就是分别依据两个不同的椭球建立的大地坐标系。

我国位于东半球和北半球,各地的经度都是东经,纬度都是北纬。比如北京某点的地理坐标为东经 $116^\circ 25'$ 、北纬 $39^\circ 54'$,山东某点的地理坐标为东经 $118^\circ 39'$ 、北纬 $37^\circ 26'$ 。

2. 独立平面直角坐标

在实际测量工作中,使用以角度为度量单位的球面坐标来表示地面点的位置是不方便的,通常还是采用平面直角坐标。测量工作中所用的平面直角坐标与数学上的直角坐标基本相同,只是测量工作以 x 轴为纵轴,一般表示南北方向,以 y 轴为横轴,一般表示东西方向,象限为顺时针编号,直线的方向都是从纵轴北端按顺时针方向度量的,如图 1-3 所示。这样的规定,使数学中的三角公式在测量坐标系中完全适用。

当测区的范围较小,能够忽略该区地球曲率的影响而将其当作平面看待时,可在此平面上建立独立的直角坐标系。一般选定子午线方向为纵轴,即 x 轴,原点设在测区的西南角,以避免坐标出现负值。测区内任一地面点用坐标 (x, y) 来表示,因它们与本地区统一坐标系没有必然的联系而称为独立平面直角坐标系。

3. 高斯平面直角坐标

当测区范围较大时,要建立坐标系,就不能忽略地球曲率的影响,为了解决球面与平面的矛盾,则必须采用地图投影的方法将球面上的大地坐标转换为平面直角坐标。目前我国采用的是高斯投影。高斯投影是由德国数学家、测量学家高斯提出的,该投影解

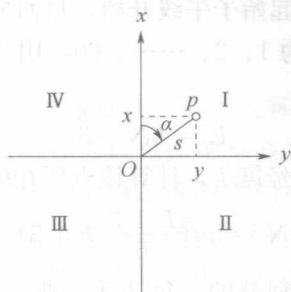


图 1-3 测量平面直角坐标系

决了将椭球面转换为平面的问题。从几何意义上看，就是假设一个椭圆柱横套在地球椭球体外并与椭球面上的某一条子午线相切，这条相切的子午线称为中央子午线。假想在椭球体中心放置一个光源，通过光线将椭球面上一定范围内的物象映射到椭圆柱的内表面上，然后将椭圆柱面沿一条母线剪开并展成平面，即获得投影后的平面图形，如图 1-4 所示。

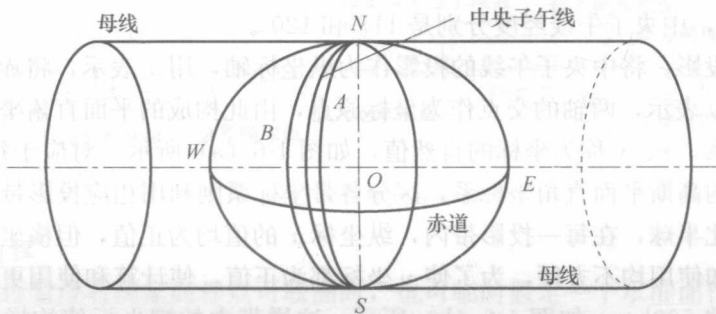


图 1-4 高斯投影概念

高斯投影没有角度变形，但有长度变形和面积变形，离中央子午线越远，变形就越大，为了对变形加以控制，测量中采用限制投影区域的办法，即将投影区域限制在中央子午线两侧一定的范围内，这就是所谓的分带投影，投影带一般分为 6°带和 3°带两种，如图 1-5 所示。

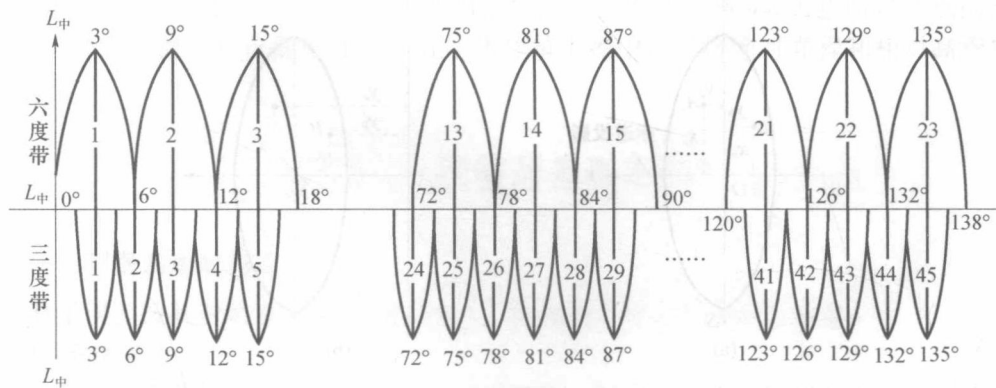


图 1-5 6°带和 3°带投影

6°带投影是从英国格林尼治起始子午线开始, 自西向东, 每隔经差 6°分为一带, 将地球分成 60 个带, 其编号分别为 1、2、……、60, 用 N 表示。每带的中央子午线经度 L 用下式计算:

$$L = 6N - 3 \quad (1-1)$$

反之, 已知地面上任一点的经度 L , 计算该点所在的 6°带编号的公式为:

$$N = \text{Int}\left(\frac{L+3}{6} + 0.5\right) \quad (1-2)$$

3°投影带是在 6°带的基础上划分的, 每 3°为一带, 共 120 带, 带号用 N' 表示, 其中央子午线在奇数带时与 6°带中央子午线重合, 每带的中央子午线经度 L' 用下式计算:

$$L' = 3N' \quad (1-3)$$

反之, 已知地面上任一点的经度 L , 计算该点所在的 3°带编号的公式为:

$$N' = \text{Int}\left(\frac{L}{3} + 0.5\right) \quad (1-4)$$

我国领土位于东经 72°~136°之间, 共包括了 11 个 6°投影带, 即 13~23 带, 22 个 3°投影带, 即 24~45 带。东营位于 6°带的第 20 带, 中央子午线经度为 117°, 位于 3°带的第 39、40 带, 中央子午线经度分别是 117°和 120°。

通过高斯投影, 将中央子午线的投影作为纵坐标轴, 用 x 表示, 将赤道的投影作为横坐标轴, 用 y 表示, 两轴的交点作为坐标原点, 由此构成的平面直角坐标系称为高斯平面直角坐标系, x 、 y 称为坐标的自然值, 如图 1-6 (a) 所示。对应于每一个投影带, 就有一个独立的高斯平面直角坐标系, 区分各带坐标系则利用相应投影带的带号。

我国位于北半球, 在每一投影带内, 纵坐标 x 的值均为正值, 但横坐标 y 值有正有负, 这对计算和使用均不方便, 为了使 y 坐标都为正值, 使计算和使用更加方便, 将纵坐标轴向西平移 500km, 如图 1-6 (b) 所示, 这样带内的横坐标值均增加 500km, 成为正值, 再在 y 坐标前加上投影带的带号, 叫做坐标的通用值。如图 1-6 中的 B 点位于第 20 投影带, 其坐标自然值为 $x_B = 4240519\text{m}$, $y_B = -152618\text{m}$, 它在 20 带中的高斯通用坐标值则为 $x_B = 4240519\text{m}$, $y_B = (20)(-152618\text{m} + 500000\text{m}) = 20347382\text{m}$ 。

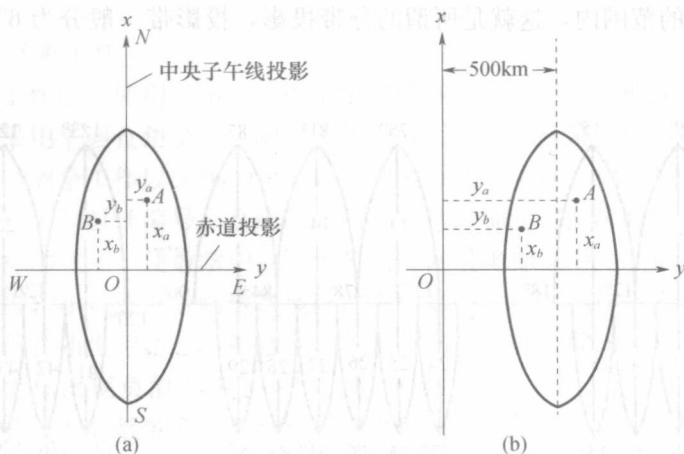


图 1-6 高斯平面直角坐标

三、高程

1. 绝对高程

在一般的测量工作中都以大地水准面作为高程起算的基准面。因此,地面任一点沿铅垂线方向到大地水准面的距离就称为该点的绝对高程或海拔,用 H 表示。如图 1-7 所示,图中的 H_A 、 H_B 分别表示地面上 A、B 两点的高程。我国的国家水准原点在青岛,原来规定以 1950~1956 年间青岛验潮站多年记录的黄海平均海水面作为我国的大地水准面,由此建立的高程系统称为“1956 年黄海高程系”,青岛国家水准原点高程为 72.289m。新的国家高程基准是根据青岛验潮站 1952~1979 年间的验潮资料计算确定的,依此基准面建立的高程系统称为“1985 国家高程基准”,原点高程为 72.260m,并于 1987 年开始启用。在使用 1987 年以前的测量数据时,一定要注意新旧高程系统以及系统间的正确换算。

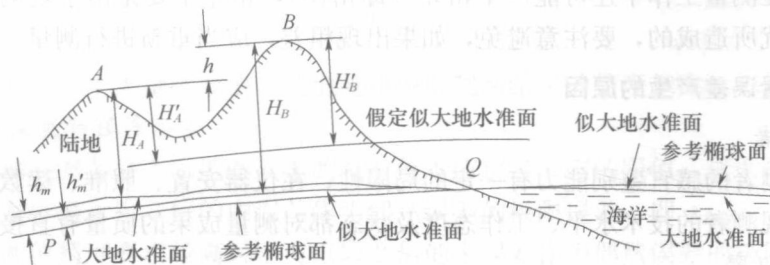


图 1-7 高程和高差示意图

2. 相对高程

当测区附近暂没有国家高程点可联测时,也可临时假定一个水准面作为该区的高程起算面。地面点沿铅垂线至假定水准面的距离,称为该点的相对高程或假定高程,用 H' 表示。如图 1-7 中的 H'_A 、 H'_B 分别为地面上 A、B 两点的假定高程。

3. 高差

地面上两点之间的高程之差称为高差,用 h 表示,例如, A 点至 B 点的高差可写为:

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1-5)$$

由上式可知,高差有正、有负,并用下标注明其方向,当 h_{AB} 为正时, B 点高于 A 点,当 h_{AB} 为负时, B 点低于 A 点。在土木建筑工程中,又将绝对高程和相对高程统称为标高。

模块三 测量误差基本知识

一、测量误差的概念

测量误差按其测量结果影响的性质,可分为系统误差和偶然误差。

1. 系统误差

在相同观测条件下,对某量进行一系列观测,如误差出现符号和大小均相同或按一定的规律变化,这种误差称为系统误差。比如用一把名义长度为 20m 而实际正确长度为 20.05m 的皮尺测量距离,每量一尺段就产生 5cm 的误差,该 5cm 的误差在数值和符

号上都是固定不变的,大小与所量距离的长度呈正比,因此,系统误差的存在对观测成果的准确度有较大的影响,应尽可能地减小或消除。

系统误差的特点是具有积累性,对测量结果的影响大,但可通过一般的改正或用一定的观测方法加以消除。

2. 偶然误差

在相同观测条件下,对某量进行一系列观测,如误差出现符号和大小均不一定,表现为偶然性,这种误差称为偶然误差。这种误差从单个来看没有任何规律性,但从大量误差总体来看,具有一定的统计规律。

偶然误差的特点是在测量工作中不可避免,误差值具有一定的范围,其数值的正负、大小表现为偶然性,误差概率分布曲线呈正态分布,偶然误差要通过的一定的数学方法(测量平差)来处理。

此外,在测量工作中还可能产生粗差(即错误),粗差主要是由于观测者的粗心大意或受到干扰所造成的,要注意避免,如果出现粗差,应当重新进行测量。

二、测量误差产生的原因

1. 观测者

由于观测者的感官鉴别能力有一定的局限性,在仪器安置、照准、读数等方面都会产生误差,观测者的技术水平、工作态度及状态都对测量成果的质量有直接影响。

2. 测量仪器

每一种测量仪器都有一定的精密程度,不能保证估读数位完全正确,测量仪器本身在设计、制造、安装、校正方面也存在一定的误差。

3. 外界环境

测量工作进行时所处的外界条件时刻在变化,比如大风、光照等,也会对测量结果产生影响。

三、衡量精度的指标

在一定的观测条件下进行的一组观测,对应着同一种确定的误差分布,若误差较集中于零附近,则称其误差分布较为密集或离散度小,表明该组观测值质量比较好,有较高的精度,反之精度较低。用来反映误差分布的离散程度或密集程度的数值称为衡量测量精度的指标。

测量工作中常见的精度指标有中误差、相对误差、极限误差、容许误差。

1. 中误差

设在相同观测条件下,对某个量进行了 n 次重复观测,得到的观测值分别为 $l_1, l_2, \dots, l_n$,每次观测的真误差用 $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ 表示,则定义中误差 m 为:

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} \quad (1-6)$$

式中 $[\Delta\Delta]$ 为真误差的平方和, n 为观测次数。

中误差所代表的是某一组观测值的精度,而不是这组观测值中某一次值的观测精度。

在实际工作中,由于未知量的真值往往是不知道的,真误差也就无法求得,所以不能直接用上式求中误差,而是用下面的式子来求得:

$$m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \quad (1-7)$$

该公式称为白塞尔公式，式中 $[vv]$ 为改正数的平方和， v_i 用各次观测值 l_i 分别减去所有观测值的算术平均数求得， n 为观测次数。

2. 相对误差

对于一些测量结果，只靠中误差不能完全表达测量结果的好坏，比如分别用钢尺测量长度为 100m 和 500m 的两段距离，中误差都是 $\pm 1\text{cm}$ ，只从中误差值上看，两者的精度相同，但从单位长度上看，精度就不一样了，这就需要用相对误差这一指标来衡量。

相对误差是指中误差 m 的绝对值与观测值 l 的比值，并化为分子为 1 的分数形式，一般用 K 表示：

$$K = \frac{|m|}{l} = \frac{1}{l/|m|} \quad (1-8)$$

相对误差是一个无量纲数值，数值越小说明观测结果的精度越高。

3. 极限误差和容许误差

在一定的观测条件下，偶然误差的绝对值不应超过一定的限值，这个限值称为极限误差，在测量中通常取 3 倍的中误差作为偶然误差的极限误差，即 $\Delta_{\text{极限}} = 3m$ 。

若对观测值精度要求较高时，可以取 2 倍的中误差作为偶然误差的极限误差，一般称为容许误差或允许误差，即 $\Delta_{\text{容许}} = 2m$ 。

习题：

1. 测量学的基本工作是什么？
2. 测量工作的原则包括哪些？
3. 测量工作的基准面和基准线是什么？
4. 山东某地面点的经度是东经 $118^\circ 39' 27''$ ，请问该点位于 6° 投影带的第几带？其中央子午线的经度为多少？
5. 什么是绝对高程（海拔）、相对高程和高差？

项目二 水准测量

学习目标:

知识目标: 掌握水准测量原理; 掌握闭合水准测量原理; 了解水准测量误差知识。

技能目标: 掌握水准仪的使用方法; 掌握水准尺、尺垫的使用范围和方法, 掌握闭合水准测量的方法。

素质目标: 养成团结协作、诚实守信、爱岗敬业、吃苦耐劳的职业品质; 养成自主学习、交流沟通的良好习惯, 树立终身学习的理念; 具有分析问题、解决问题和制定计划、组织协调的工作能力。

学时建议: 4 学时

任务导入: 市测绘部门在我校南门设置了一个永久水准点, 绝对高程是 4.220m, 那么校内假山的绝对高程是多少呢? 项目二将为我们解决这个问题。通过该项目的学习, 我们不但能测量出假山的高程, 甚至图书楼的高程也能测量。

模块一 水准测量原理

一、高程测量概述

高程是确定地面点位置的基本要素之一, 高程测量是三项基本测量工作之一。高程测量的目的是获得点的高程, 但一般的高程测量只是通过测得两点间的高差, 然后根据其中一点的已知高程推算出另一点的未知高程。

进行高程测量的主要方法有水准测量、三角高程测量、GPS 测量、气压测量等。水准测量是利用水平视线来测量两点间的高差。由于水准测量的精度较高, 所以是高程测量中最主要的方法。三角高程测量是测量两点间的水平距离或斜距和竖直角 (即倾斜角), 然后利用三角公式计算出两点间的高差。三角高程测量一般精度较低, 只是在适当的条件下才被采用。除了上述两种方法外, 还有利用大气压力的变化测量高差的气压高程测量, 利用液体的物理性质测量高差的液体静力高程测量, 以及利用摄影测量的高程测量等方法, 但这些方法较少采用。

高程测量也是按照“从整体到局部”的原则来进行。就是先在测区内设立一些高程控制点, 并精确测出它们的高程, 然后根据这些高程控制点测量附近其他点的高程。这些高程控制点称水准点, 工程上常用 *BM* 来标记。水准点一般用混凝土标石制成, 顶部嵌有金属或瓷质的标志 (图 2-1)。标石应埋在地下, 埋设地点应选在地质稳定、便于使用和便于保存的地方, 称为永久水准点。在城镇居民区, 也可以采用把金属标志嵌在墙上形成“墙脚水准点”。临时性的水准点则可用更简便的方法来设立, 例如用刻凿在岩石上或用油漆标记在建筑物上的简易标志, 或者在土地里打入大木桩, 桩顶钉上半球状铁钉作为水准点标志, 这些称为临时水准点。

二、水准测量的原理

水准测量是利用水平视线来求得两点的高差。例如图 2-2 中, 为了求出 *A*、*B* 两点

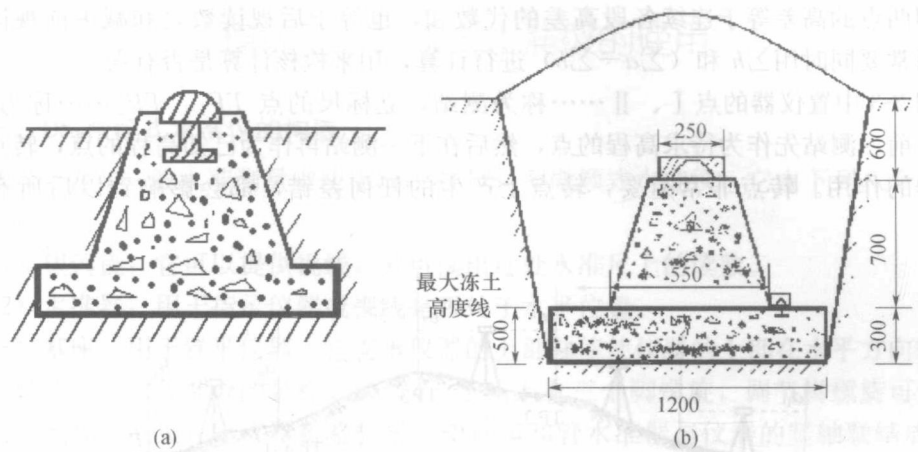


图 2-1 永久水准点

的高差 h_{AB} ，在 A 、 B 两个点上竖立带有分划的标尺——水准尺，在 A 、 B 两点之间安置可提供水平视线的仪器——水准仪。当视线水平时，在 A 、 B 两个点的标尺上分别读得读数 a 和 b ，则 A 、 B 两点的高差等于两个标尺读数之差。即：

$$h_{AB} = a - b \tag{2-1}$$

如果 A 为已知高程的点， B 为待求高程的点，则 B 点的高程为：

$$H_B = H_A + h_{AB} \tag{2-2}$$

读数 a 是在已知高程点上的水准尺读数，称为“后视读数”； b 是在待求高程点上的水准尺读数，称为“前视读数”。高差必须是后视读数减去前视读数。高差 h_{AB} 的值可能是正，也可能是负，正值表示待求点 B 高于已知点 A ，负值表示待求点 B 低于已知点 A 。此外，高差的正负号又与测量进行的方向有关，例如图 2-2 中测量由 A 向 B 进行，高差用 h_{AB} 表示，其值为正；反之由 B 向 A 进行，则高差用 h_{BA} 表示，其值为负。所以说明高差时必须标明高差的正负号，同时要说明测量进行的方向。

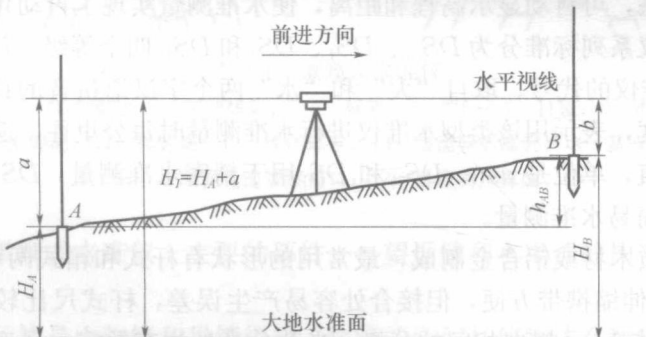


图 2-2 水准测量原理示意图

当两点相距较远或高差太大时，则可分段连续进行测量，从图 2-3 中可得：

$$h_1 = a_1 - b_1$$

$$h_2 = a_2 - b_2$$

...

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + \dots + h_n = \sum h = \sum a - \sum b \tag{2-3}$$