



# 项目一 测量基础

## 学习导航

测量学是一门研究地球表面的形状和大小、确定地面点之间相对位置的科学。建筑工程测量是测量学的一个组成部分,其主要任务是测绘大比例尺地形图、施工放样及竣工测量和建筑物变形观测。大地水准面、水平面和铅垂线是测量的基准面和基准线。地面一个点的位置是由其高程  $H$  和平面直角坐标  $(x,y)$  来确定的。测量工作中应尽量减少各种误差对成果的影响并防止错误的发生。测量常用的计量单位是国际通用单位。

## 任务 测量基础知识的认知

### 相关知识

#### 一、测量学及其分类

测量学是研究和获取反映地球形状、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。它的任务主要有三个方面: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几个主要分支学科。

### 1. 大地测量学

大地测量学(geodesy)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及它们的变化的一门理论和技术的学科。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、军事科学及地壳变形研究、地震预报等提供重要资料。按照测量手段的不同,大地测量学分为常规大地测量学、卫星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(topography)是研究如何将地球表面局部区域内的地物、地貌及其他有关信息测绘成地形图的理论、方法和技术的学科。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. 摄影测量与遥感学

摄影测量与遥感学(photogrammetry and remote sensing)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。其基本任务是通过处理摄影像片或遥感图像进行处理、量测和解译,以测定物体的形状、大小和位置,进而制作成图。根据获得影像的方式及遥感距离的不同,摄影测量与遥感学分为地面摄影测量学、航空摄影测量学和航天遥感测量学等。

### 4. 工程测量学

工程测量学(engineering surveying)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。

按工程建设的进行程序不同,工程测量可分为规划设计阶段的测量、施工兴建阶段的测量和竣工后的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。施工兴建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。竣工后的运营管理阶段的测量包括竣工测量及为监视工程安全状况的变形观测与维护等测量工作。

按工程测量所服务的工程种类不同,工程测量也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,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;用于工程建设的摄影测量称为工程摄影测量;以电子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。

### 5. 地图制图学

地图制图学(cartography)是研究模拟和数字地图的基础理论、设计、编绘、复制的技术、方法及应用的学科。其基本任务是利用各种测量成果编制各类地图,其一般包括地图投影、地图编制、地图整饰和地图制印等分支。

## 二、建筑工程测量的任务

建筑工程测量是测量学的一个组成部分。它是一门测定地面点位的科学,广泛用于建

筑工程的勘测、设计、施工和管理各个阶段。其主要任务如下。

### 1. 测绘大比例尺地形图

将地面上的地物、地貌的几何形状及其空间位置按照规定的符号和比例尺缩绘成地形图,为建筑工程的规划、设计提供图纸和资料。

### 2. 施工放样和竣工测量

将图纸上设计好的建(构)筑物按照设计要求在地面上标定出来,作为施工的依据;在施工过程中,进行测量工作,保证施工符合设计要求;开展竣工测量,为工程竣工验收、以后的扩建和维修提供资料。

### 3. 变形观测

对于一些重要的建(构)筑物,在施工和运营期间应定期进行变形观测,以了解其变形规律,确保工程的安全施工和运营。

由此可知,建筑工程测量对保证工程的规划、设计、施工等方面的质量与安全运营都具有十分重要的意义。因此,通过本课程的学习,应掌握测量的基本理论、基础知识和基本技能,掌握常用水准仪、经纬仪和其他常用测量仪器工具的使用方法;对测量新技术和新仪器有一定的了解;能在建筑施工中正确应用地形图和有关测量资料;具有一般工程建筑物的施工放线的能力。



## 教学内容实施

### 一、地面点位置的确定

#### 1. 基准线和基准面

(1)基准线。地球上的任何物体都受到地球自转产生的离心力和地心吸引力的作用,这两个力的合力称为重力。重力的作用线常称为铅垂线。铅垂线是测量工作的基准线。

(2)基准面。测量上确定地面点的空间位置是采用在基准面上建立坐标系,通过对距离、角度和高差三个基本量的测量来实现的。测量工作是在地球表面上进行的。因此,选择作为测量数据处理、统一坐标计算的基准面必须具备两个条件:一是这个面的形状和大小应尽可能地接近地球总的形体,二是应能用简单的几何形体和数学公式来表达。

地球的自然表面高低起伏,有高山、丘陵、平原、江河、湖泊和海洋等,是一个凹凸不平的复杂曲面。地球表面海洋面积约占 71%,陆地面积约占 29%。地球上自由静止的水面称为水准面,它是一个处处与铅垂线正交的曲面。与水准面相切的平面称为该切点处的水平面。水准面有无数个,其中与平均海水面重合并延伸到大陆内部包围整个地球的水准面称为大地水准面,如图 1-1 所示。大地水准面可作为地面点计算高程的起算面,高程起算面也称为高程基准面。由大地水准面所包围的形体称为大地体,由于地球内部物质分布不均匀,引起地面各点的铅垂线方向不规则变化。所以大地水准面是一个有微小起伏的不规则曲面,不能用数学公式来表达。因此,测量上选用一个和大地水准面总形非常接近的,并能用数学公式表达的面作为基准面。这个基准面是一个以椭圆绕其短轴旋转的椭球面,称为参考椭球面。它包围的形体称为参考椭球体或参考椭球,如图 1-2 所示。

我国目前采用的参考椭球体的参数值为:长半轴  $a=6\ 378\ 140\ \text{m}$ ,短半轴  $b=6\ 356\ 755\ \text{m}$ ,

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

由于参考椭球的扁率很小,因此,当测区面积不大时,可把这个参考椭球近似看作半径为 6 371 km 的圆球。

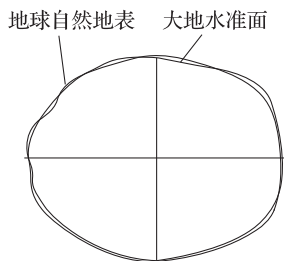


图 1-1 大地水准面

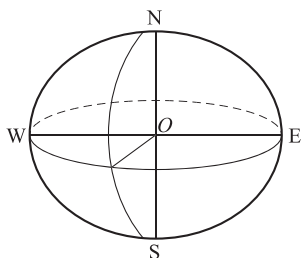


图 1-2 参考椭球体

测量工作就是以参考椭球面作为计算的基准面,并在这个面上建立大地坐标系,从而确定地面点的位置。

## 2. 确定地面点位置的方法

确定地面点的位置是测量工作的基本任务。一点的位置需要用三个量(水平角、水平距离和高差)来确定。其中,高差用来确定点的高程位置,水平角、水平距离用来确定点的平面位置。

(1) 地面点的高程。

① 绝对高程。地面点到大地水准面的铅垂距离称为该点的绝对高程,又称海拔,在工程测量中习惯称为高程,用  $H$  表示。如图 1-3 所示,地面点  $A$ 、 $B$  的高程分别为  $H_A$ 、 $H_B$ 。

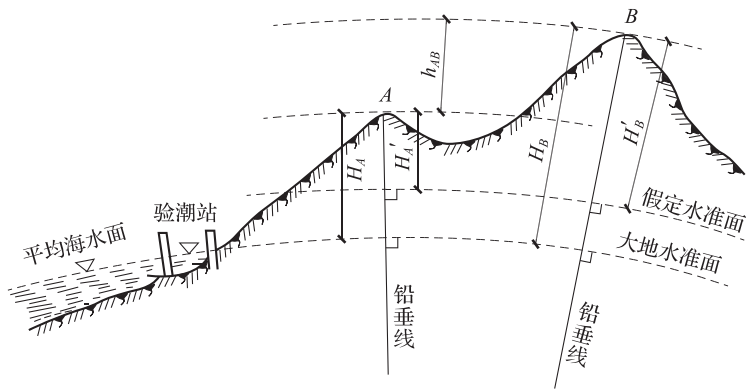


图 1-3 地面点的高程

我国在青岛设立验潮站,长期观测和记录黄海海水面的高低变化,取其平均值作为绝对高程基准面。目前,我国采用的 1985 年国家高程基准是以 1953—1979 年青岛验潮站观测资料确定的黄海平均海水面作为绝对高程基准面,并在青岛建立了国家水准原点,其高程为 72.260 m。

② 相对高程。个别地区在采用绝对高程有困难时,也可以假定一个水准面作为高程起算基准面,这个水准面称为假定水准面。地面点到假定水准面的铅垂距离称为该点的相对

高程或假定高程。如图 1-3 所示,  $A$ 、 $B$  两点的相对高程为  $H'_A$ 、 $H'_B$ 。

③建筑标高。在建筑设计中, 每个独立的单项工程都有它自身的高程起算面, 该面标高为  $\pm 0.000$ 。一般取建筑物首层室内地坪标高为  $\pm 0.000$ , 建筑物各部位的高度都是以  $\pm 0.000$  为高程起算面的相对高程, 称为建筑标高。例如, 某建筑物  $\pm 0.000$  处的绝对高程为  $40.000\text{ m}$ , 一层窗台比  $\pm 0.000$  高  $0.90\text{ m}$ , 则窗台标高为  $0.90\text{ m}$ , 而不说窗台标高为  $40.90\text{ m}$ 。 $\pm 0.000$  的绝对高程是施工放样时测设  $\pm 0.000$  位置的依据。

④高差。地面两点间的高程之差称为高差, 用  $h$  表示。高差有方向和正负值。如图 1-3 所示,  $A$ 、 $B$  两点的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A \quad (1-1)$$

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

$B$ 、 $A$  两点的高差为

$$h_{BA} = H_A - H_B \quad (1-2)$$

由此可见,  $A$ 、 $B$  两点的高差与  $B$ 、 $A$  两点的高差绝对值相等, 符号相反, 即

$$h_{AB} = -h_{BA} \quad (1-3)$$

综上所述, 只要知道地面点的三个参数  $x$ 、 $y$ 、 $H$ , 地面点的空间位置就可以确定了。

(2) 地面点的坐标。

①地理坐标。当研究整个地球的形状或进行大范围范围的测量工作时, 可采用图 1-4 所示的球面坐标系来确定点的位置。例如,  $P$  点的坐标可用经度  $\lambda$  和纬度  $\varphi$  表示。经度  $\lambda$  和纬度  $\varphi$  称为点的地理坐标。地理坐标是用天文测量方法测定的。例如, 北京某点  $P$  的地理坐标为东经  $116^\circ 28'$ , 北纬  $39^\circ 54'$ 。

②平面直角坐标。在小区域的范围内, 将大地水准面当作水平面, 当由此而产生的误差不大时, 便可以用平面直角坐标来代替球面坐标。

根据研究分析, 在  $10\text{ km}$  为半径的范围内可以用水平面代替水准面, 由此产生的变形误差相对一般测量工作而言可以忽略不计。因此, 在进行一般工程项目的测量工作时, 可以采用平面直角坐标系, 即将小块区域直接投影到平面上进行有关计算。在平面上进行计算要比在曲面上进行计算简单得多, 且不影响测量工作的精度。

图 1-5 所示为一平面直角坐标系。规定坐标纵轴为  $x$  轴且表示南北方向, 向北为正, 向南为负; 规定横轴为  $y$  轴且表示东西方向, 向东为正, 向西为负。为了避免测区内的坐标出现负值, 可将坐标原点选在测区的西南角上。坐标象限按顺时针方向的编号, 如图 1-6 所示, 其编号顺序与数学上直角坐标系的象限编号顺序相反, 且  $x$ 、 $y$  两轴线与数学上直角坐标系  $x$ 、 $y$  轴互换。这是为了使测量计算时可以将数学中的公式直接应用到测量中来, 而无须做任何修改。

③高斯平面直角坐标。如果测区范围较大, 就不能把水准面当作水平面, 此时必须采用高斯投影的方法来建立高斯平面直角坐标系。

如前所述, 地面点的空间位置是由投影平面上的坐标  $(x, y)$  和高程  $H$  决定的, 而点的坐

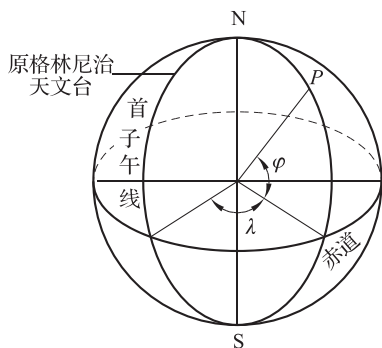


图 1-4 地理坐标

标一般是通过水平角测量和水平距离测量来确定的,点的高程是通过测定高差来确定的。因此,测角、量距和测高差是测量的三项基本工作。

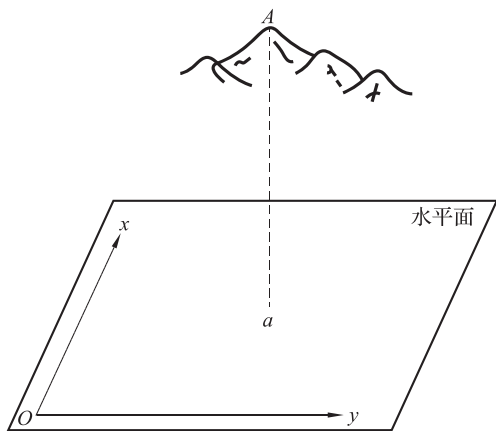


图 1-5 平面直角坐标系

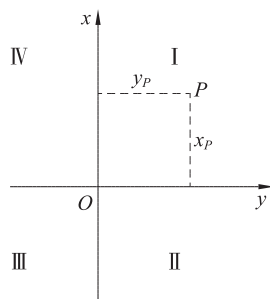


图 1-6 平面直角坐标系的象限

## 二、测量工作概述

测量工作的基本任务是确定地面点的几何位置。确定地面点的几何位置需要进行一些测量的基本工作。为保证测量成果的精度及质量,还需遵循一定的测量原则。

### 1. 测量的基本工作

如图 1-7 所示,  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  为地面上高低不同的一系列点, 构成了空间多边形  $ABCDE$ , 图下方为水平面。从  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  分别向水平面作铅垂线, 这些垂线的垂足在水平面上的构成多边形  $abcde$ , 水平面上各点就是空间相应各点的正射投影; 水平面上多边形的各边就是各空间斜边的正射投影; 水平面上的角就是包含空间两斜边的两面角在水平面上的投影。地形图就是将地面点正射投影到水平面上后再按一定的比例尺缩绘至图纸上而成的。由此看出, 地形图上各点之间的相对位置是由水平距离  $D$ 、水平角  $\beta$  和高差  $h$  决定的, 若已知其中一点的坐标  $(x, y)$  和过该点的标准方向及该点高程  $H$ , 则可借助  $D$ 、 $\beta$  和  $h$  将其他点的坐标和高程算出。因此, 不论进行任何测量工作, 在实地要测量的基本要素都是距离(水平距离或斜距)、角度(水平角和竖直角)、直线的方向和高程(高差)。

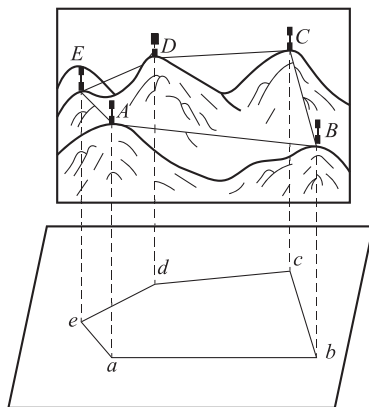


图 1-7 地形图的形成

### 2. 测量工作的原则

测量工作必须遵循的基本原则是从整体到局部、先控制后碎部。

测量工作的目的之一是测绘地形图。地形图是通过测量一系列碎部点(地物点和地貌点)的平面位置和高程, 然后按一定的比例, 应用地形图符号和注记缩绘而成的。进行测量工作时, 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并计算出来。这些点被称为控制点,由控制点构成的几何图形称为控制网。然后根据这些控制点分别测量各自周围的碎部点,进而绘制成图。图 1-8 所示的多边形 ABCDEF 就是某测区的控制网。

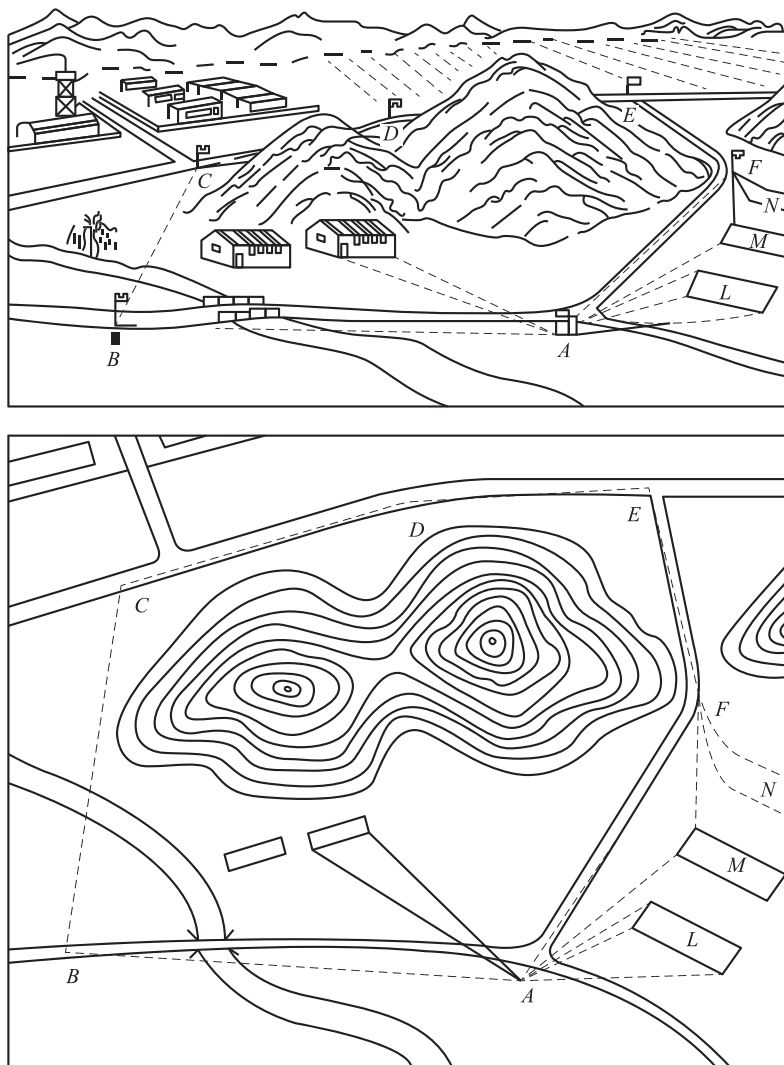


图 1-8 某测区的控制网

### 3. 测量工作的基本要求

测量工作的基本要求如下:

(1)“质量第一”的观念。为了确保施工质量符合设计要求,需要进行相应的测量工作,测量工作的精度会影响施工质量。因此,施工测量人员应树立“质量第一”的观念。

(2)严肃认真的工作态度。测量工作是一项科学工作,具有客观性。在测量工作中,为避免出现差错,应进行相应的检查和检核,杜绝弄虚作假、伪造成果、违反测量规则的错误行为。因此,施工测量人员应有严肃认真的工作态度。

(3)保证测量成果的真实、客观和原始性。测量的观测成果是施工的依据,需长期保存,

因此应保证测量成果的真实、客观和原始性。

(4) 爱护测量仪器与工具。每项测量工作都要使用相应的测量仪器, 测量仪器的状态直接影响测量观测成果的精度。因此, 施工测量人员应爱护测量仪器与工具。

### 三、测量误差的基础知识

#### 1. 误差及其表示方法

(1) 误差。在测量工作中, 某量的观测值与该量的真值间必然存在差异, 这个差异称为误差。有时人为的疏忽或措施不周也会造成观测值与真值之间的较大差异, 这不属于误差, 而是粗差。误差与粗差的根本区别在于前者是不可避免的, 而后者是有可能避免的。

(2) 误差的表示方法。

① 绝对误差。不考虑被观测量自身的大小, 只描述该量的观测值与其真值之差大小的误差称为绝对误差, 也称为真误差。绝对误差可按式(1-4)计算。

$$\Delta = l - X \quad (1-4)$$

式中,  $\Delta$  为绝对误差;  $l$  为观测值;  $X$  为被观测量的真值, 当无法求得真值时, 用多次观测值的算术平均值作为真值的近似值。

② 相对误差。对某量观测的绝对误差与该量的真值(或近似值)之比称为相对误差。相对误差能够确切描述观测量的精确度。相对误差可按式(1-5)计算。

$$K = \frac{|\Delta|}{X} \quad (1-5)$$

式中,  $K$  为相对误差, 一般将相对误差化成分子为 1 的分数。

③ 中误差。若对某量等精度进行  $n$  次观测, 按式(1-4)可计算出  $n$  个真误差  $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ 。将各真误差的平方和的均值开方即为中误差  $m$ 。

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

$$[\Delta\Delta] = \Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2$$

式中,  $m$  为观测值的中误差;  $n$  为观测次数。

④ 容许误差。容许误差也称限差。在实际工作中, 要求在观测值中不容许存在较大的误差, 故常以两倍或三倍的中误差作为最大允许值。在测量中以容许误差检核观测质量, 并根据观测误差是否超出容许误差而决定观测成果的取舍。

#### 2. 测量误差产生的原因

通过测量实践可以发现, 无论使用的测量仪器多么精密、观测多么仔细, 对同一个量进行多次观测, 其结果总存在着差异。例如, 对两点间的高差进行重复观测时, 测得的高差往往不相等; 观测三角形三个内角时, 其和往往不等于理论值  $180^\circ$ 。这些现象之所以产生, 是因为观测结果中存在着测量误差。

测量误差产生的原因一般有以下三个方面:

(1) 仪器、工具的影响。由于仪器或工具制造不够精密, 校正不可能十分完善, 从而使观测结果产生误差。

(2) 人本身的影响。人本身的影响包括观测人员的生理习性、观测人员感觉器官的鉴别能力有限、观测人员的观测习惯各异。



(3)外界环境的影响。测量过程中的外界自然环境(如温度、湿度、风力、阳光照射、大气折光、磁场等因素)会给观测结果带来影响,而且外界条件随时发生变化,其对观测结果的影响也随之变化。这必然会使观测结果带有误差。

仪器或工具、人本身和外界环境这三方面是引起观测误差的主要因素,统称为观测条件。由上述可知,观测结果不可避免地含有测量误差。测量误差越小,则测量成果的精度越高。因此,在测量工作中,必须对测量误差进行研究,以便对不同性质的误差采取不同的措施,提高观测成果的质量,以满足各类工程建设的需要。

### 3. 测量误差的分类

测量误差按性质不同可分为系统误差和偶然误差两类。

(1)系统误差。在相同的观测条件下,对某量进行一系列观测,如果观测误差的数值大小和正负号按一定的规律变化,或保持一个常数,这种误差称为系统误差。

系统误差具有以下几个特点:

- ①系统误差的大小(绝对值)为一常数或按一定规律变化。
- ②系统误差的符号(正、负)保持不变。
- ③系统误差具有累积性,即系统误差的大小随单一观测值的倍数累积。

系统误差对测量结果的影响可以通过分析找出规律,计算出某项系统误差的大小,然后对观测结果加以改正,或用一定的观测程序和观测方法来消除系统误差的影响,把系统误差的影响尽量从观测结果中消除。

(2)偶然误差。在相同的观测条件下,对某量进行一系列观测,如果观测误差的数值大小和符号都各不相同,且从表面上看没有一定的规律性,这种误差称为偶然误差。

偶然误差具有以下几个特点:

- ①在一定的观测条件下,偶然误差的绝对值不会超过一定的界限。
- ②绝对值大的偶然误差比绝对值小的偶然误差出现的可能性小。
- ③绝对值相等的正偶然误差与负偶然误差出现的可能性相等。
- ④偶然误差的算术平均值随着观测次数的无限增加而趋向于零。

实践证明,偶然误差不能用计算改正或用一定的观测方法简单地加以消除,只能根据偶然误差的特性来改进观测方法并合理地处理数据,以减少偶然误差对测量成果的影响。

### 4. 测量错误

在测量过程中,有时由于人为的疏忽或措施不周可能出现错误。例如,读数错误,记录时误听、误记,计算时弄错符号、点错小数点,等等。

在一定的观测条件下,测量误差是不可避免的。而产生的错误主要是工作中的粗心大意造成的,显然观测结果中不容许存在错误,并且错误是可以避免的。

如何及时发现错误,并将其从观测结果中清除,除了测量人员加强工作责任感、认真细致地工作以外,通常还要采取各种校核措施来防止产生观测错误,在最终成果中发现并剔除它。

## 四、测量常用的计量单位

在测量中,常用的计量单位有长度、面积和角度三种。

### 1. 长度单位

国际通用长度单位为 m(米),我国规定采用米制。

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = 1\,000 \text{ mm}$$

$$1\,000 \text{ m} = 1 \text{ km}$$

## 2. 面积单位

面积单位为平方米( $\text{m}^2$ ),对大面积用平方千米( $\text{km}^2$ )。

## 3. 角度单位

测量上常用到的角度单位有 60 进位制的度、100 进位制的新度和弧度三种。

(1)60 进位制的度。

$$1 \text{ 圆周角} = 360^\circ$$

$$1^\circ = 60'$$

$$1' = 60''$$

(2)100 进位制的新度。

$$1 \text{ 圆周角} = 400 \text{ g(新度)}$$

$$1 \text{ g(新度)} = 100 \text{ c(新分)}$$

$$1 \text{ c(新分)} = 100 \text{ cc(新秒)}$$

(3)弧度。角度按弧度计算时等于弧长与半径之比。与半径相等的一段弧长所对的圆心角作为度量角度的单位,称为一弧度,用  $\rho$  表示。按度、分、秒分别表示的一弧度为

$$\rho = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57.3^\circ$$

$$\rho = \frac{180^\circ}{\pi} \times 60' = 3\,438'$$

$$\rho = \frac{180^\circ}{\pi} \times 3\,600'' = 206\,265''$$

## 五、测量记录和计算的要求

### 1. 测量资料的记录要求

测量资料的记录是测量成量的原始数据,十分重要。测量资料的记录要求如下:

(1)测量数据必须直接填写在规定的表格上,不得转抄,更不得用零散纸张记录后再进行转抄。

(2)所有的记录、计算均用绘图铅笔(2H 和 3H)。测量数据的字体应端正清晰,字号只应稍大于格子的一半,以便留出空隙做错误的更正。

(3)记录表格上规定应填写的项目不得留白。

(4)禁止擦拭、涂改与挖补,发现错误时应在错误处用斜线划去。淘汰某整个部分的测量数据时可以用斜线划去,但不得使原数据模糊不清。修改局部错误时,则将局部数据划去,将正确的数据写在原数据的上方。

(5)对所有记录的修改和观测结果的淘汰,必须在备注栏内注明原因。

(6)禁止连环更改,即若已修改了平均数,则不准再修改计算得此平均数的任何一原始数据;改正任一原始读数时,则不准修改其平均数。若原始读数和其平均数均错误,则应重测重记。

(7)不准更改原始观测数据的尾部读数,而应将该部分观测结果废去重测。对测量数据不许更改的部位和应废去重测的范围见表 1-1。

表 1-1 对测量数据不许更改的部位和应废去重测的范围

测量数据的种类	不准更改的部位	应重测的范围
水平角	分及秒的读数	一测回
竖角	分及秒的读数	一测回
量距	厘米及毫米的读数	一尺段
水准	厘米及毫米的读数	一测站

(8)对记录的测量数据应写齐规定的位数,具体规定见表 1-2。

表 1-2 对记录的测量数据的位数要求

测量数据的种类	数据的单位	记录的位数
水准	毫米	四位
角度的分	分	两位
角度的秒	秒	两位

例如,水准测量中读数 325 mm 应记为 0325,角度测量中读数  $4^{\circ}3'6''$  应记为  $4^{\circ}03'06''$ 。

(9)外业记录、计算数据的取位要求见表 1-3~表 1-5。

表 1-3 水准测量外业记录、计算数据的取位要求

项 目	视距/m	视距总和/km	中丝读数/mm	高差中数/mm	高差总和/mm
取 位	0.1	0.01	1.0	0.1	1.0

表 1-4 角度测量外业记录、计算数据的取位要求

项 目	读数/( $''$ )	一测回中数/( $''$ )
取 位	1.0	1.0

表 1-5 距离丈量外业记录、计算数据的取位要求

项 目	读数/cm	一测回中数/cm
取 位	0.5	1.0

## 2. 测量成果的整理、计算及计算作业要求

- (1)在进行测量成果的整理与计算时,应用规定的印刷表格或事先画好的计算表格。
- (2)内业计算用钢笔书写,如果计算数据有错误,可以用刀刮去重写,或将错字划去另写。
- (3)内业计算作业的取位要求见表 1-6~表 1-9。

表 1-6 水准测量内业计算作业的取位要求

项 目	改正数/mm	最后高差/mm	点的高程/m
取 位	1.0	1.0	0.01

表 1-7 导线测量内业计算作业的取位要求

项 目	角度/( $''$ )	坐标方位角/( $''$ )	距离/m	坐标增量/m	坐标/m
取 位	1.0	1.0	0.001	0.001	0.001

表 1-8 小三角测量内业计算作业的取位要求

项 目	角度/( $''$ )	坐标方位角/( $''$ )	坐标增量/m	坐标/m
取 位	1.0	1.0	0.001	0.001

表 1-9 三角高程测量内业计算作业的取位要求

项 目	高度/( $''$ )	距离/m	离差/m	高程/m
取 位	10	0.01	0.01	0.01

(4)上交的计算成果应是原始计算表格,不许另行抄录。

### 3. 计算中数字的凑整规则

在测量计算过程中,一般都存在数值取位的凑整问题。数值取位的取舍而引起的误差称为凑整误差。为了尽量减弱凑整误差对测量成果的影响,避免凑整误差的累积,在计算中通常采用如下凑整规则:若以保留数字的末位为单位,当其后被舍去的部分大于 0.5 时,则末位进 1;当其后被舍去的部分小于 0.5 时,则末位不变;当其后被舍去的部分等于 0.5 时,则将末位凑成偶数,即末位为奇数时进 1,末位为偶数或零时末位不变(五前单进双不进)。

例如,将下列数据取舍到小数后三位。

$$3.141 \underline{59} \rightarrow 3.142$$

$$3.513 \underline{29} \rightarrow 3.513$$

$$9.750 \underline{50} \rightarrow 9.750$$

$$4.513 \underline{50} \rightarrow 4.514$$

$$2.854 \underline{500} \rightarrow 2.854$$

$$1.258 \underline{501} \rightarrow 1.259$$

上述的凑整规则对于被舍去的部分恰好等于五时凑成偶数的方法做了规定;在其他情况下,测量数据的凑整规则与一般计算中的四舍五入规则基本相同。

## 名词检索

- (1)水准面:地球上自由静止的水面。
- (2)大地水准面:与平均海面重合并延伸到大陆内部包围整个地球的水准面。
- (3)绝对高程:地面点到大地水准面的铅垂距离。
- (4)相对高程:地面点到假定水准面的铅垂距离。
- (5)高差:地面两点间的高程之差。
- (6)建筑标高:建筑物各部位的高度以±0.000 作为高程起算面的相对高程。

## 思考与练习

1. 简述测量学的任务。
2. 进行测量工作应遵守什么原则?为什么?
3. 地面点的位置用哪几个元素来确定?
4. 在多大范围内可以不考虑地球曲率对水平距离测量的影响,而用水平面代替水准面?为什么在高程测量中必须考虑地球曲率的影响?