



模块1

测量的基本知识与技能

学习目标

1. 熟悉工程测量的任务。
2. 掌握测量学的基本概念、测量工作基本原则等基础知识。
3. 熟悉测量误差的基本概念。
4. 树立质量意识、保障意识、责任意识。
5. 通过本单元的学习,了解建筑工程测量工作内容,并为完成任务打下必要的基础,同时达到增强学生学习兴趣、学习动力的目的。

具体问题

1. 为什么说工程建设离不开测量工作?
2. 什么是测量学?
3. 测量的实质是什么?
4. 测量的基本工作与技能是什么?
5. 什么是测量误差?
6. 测量工作有哪些基本原则和基本要求?

教学建议

工作过程导向、任务驱动教学从“建筑工程测量”这个完整的工作任务开始,建议充分利用多媒体信息量大的特点与优势展开教学,注意发挥各级精品资源共享课程优质教学资源在教学中的作用,有条件时,也可以安排学生去施工现场认识与感受“工程测量工作”。

测量误差也可以安排在完成高程测量任务或者测量基本工作任务之后学习。至于学习目标前3条,建议在本课程全部教学任务完成后再考核学生。

1.1 测量学及其在建筑工程中的应用

1.1.1 测量学概述

测量学是一门非常古老的学科。早在几千年前,中国、埃及等世界文明古国的人们,已经把测量技术应用到土地划分、河道整治及地域图测绘等方面。后来,随着科学技术的发展和社会的进步,逐步形成了一门完整而独立的学科——测量学。我国将其称为测绘学。作

为时代的结晶,测绘科学与技术在人们认识自然、改造自然与发展生产力的过程中发挥了重要的作用。

测量学又是一门与时俱进、蓬勃发展的学科。它总是与每个时代的高新科技完美结合,例如,望远镜用于测绘仪器,照相机用于摄影测量;飞机和卫星作为影像获取平台;激光用于指向与测距;计算机用于测量数据处理、分析、管理与地图制图;卫星用于 GNSS 导航定位;等等。这些空间技术、计算机技术、自动化技术、光电技术等把测绘技术推向前所未有的时代。现代测绘学科已是有着深奥理论和高新技术的重要学科,成为空间数据(地理信息)获取、地球科学和各类工程建设不可缺少的科学与技术。

在《测绘基本术语》(GB/T 14911—2008)中,测量学有如下定义:“测量学是研究地理信息的获取、处理、描述和应用的学科。其内容包括研究测定、描述地球和其他天体的形状、大小、重力场、表面形态以及它们的各种变化,确定自然地理要素和人工设施的空间位置及属性,制成各种地图和建立有关信息系统。国际上也称之为地球空间信息学。”简单地说,测量学是研究地球的形状、大小以及确定地面点的空间位置及其相互关系的学科。

测量学还是一门内容体系比较庞大的学科。根据研究对象、应用范围和测量手段等的不同,测量学又可分为大地测量学、普通测量学、摄影测量学、工程测量学等学科,简述如下。

1. 大地测量学

大地测量学是以地球表面上一个较大的区域,甚至整个地球为研究对象,研究在地球表面广大区域内建立国家大地控制网,测定地球的形状、大小和研究地球重力场的理论、技术和方法的学科,为测量学的其他分支学科提供基础的测量数据和资料。

2. 普通测量学

普通测量学是研究地球表面局部区域(忽略地球曲率的影响,把该小区域内的投影球面直接作为平面看待)内测绘工作的基本理论、技术和方法的学科,主要是指用地面作业方法,将地球表面局部区域的地物和地貌绘成地形图与一般工程的施工测量。

3. 摄影测量学

摄影测量学是研究如何利用摄影像片来测定地物的形状、大小、位置并获取其他信息的学科,是我国目前测绘国家基本地形图的主要方法,多用于测绘城市基本地形图和大规模地形复杂地区的地形图。

4. 工程测量学

工程测量学是研究各种工程建设中测量方法和理论的一门学科,主要研究在各种工程、工业和城市建设以及资源开发各个阶段进行地形和有关信息的采集、处理、施工放样、变形监测、分析和预报的理论和技術,以及与研究对象有关的信息管理和使用,为工程建设提供测绘保障。

1.1.2 工程测量的任务

对工程建设而言,其基本任务包括测定和测设两个方面。

1. 测定

测定是指使用测量仪器和工具,按照测量的有关原理和方法,将地球表面的地物和地貌

绘制成地形图,为经济建设、国防建设和科学研究等服务。其中,地物是指地面上人工构筑物或自然形成的物体,如海洋、河流、湖泊、道路、房屋、桥梁等;地貌是指地面高低起伏的自然形态,如山地、丘陵、平原、河谷、洼地等。

2. 测设

测设是指使用测量仪器和工具,按照测量的有关原理和方法,将图纸上规划设计好的建(构)筑物的平面位置和高程,在实地标定出来,作为施工的依据,故又称为施工放样,它是工程设计与工程施工之间的桥梁。

1.1.3 建筑工程测量的内容、现状及其发展

建筑工程测量是普通测量学在建筑工程中的应用,也是工程测量学中基本的内容。建筑工程测量包括各种建(构)筑物、道路、桥梁等工程在规划设计、施工和运营管理各阶段所进行的各项测量工作,其主要任务包括以下三项。

1. 测绘大比例尺地形图

把工程建设区域内的各种地面物体的位置、形状以及地面的起伏形态,依据规定的符号和比例尺绘制成地形图,为工程建设的规划设计提供必要的图纸和资料。

2. 施工测量

把图纸上已经设计好的各种工程的平面位置和高程,按设计要求在地面上标定出来,作为施工的依据;配合施工,进行各种施工标志的测设工作,确保施工质量;施测竣工图,为工程验收、日后扩建和维修提供资料。

3. 变形观测

对于一些重要工程,在施工和运营期间,为了确保安全,需要了解其稳定性,定期进行变形观测。同时,变形观测结果可作为对设计、地基、材料、施工方法等的验证,并可以提供基础研究资料。

总之,测量工作贯穿于工程建设的整个过程,其质量直接关系到工程建设的速度和质量。这就要求从事工程建设的所有人员都应掌握必要的测量知识与技能。

建筑业是专门从事土木工程、房屋建设和设备安装以及工程勘察设计工作的生产部门。其产品是各种工厂、矿井、铁路、桥梁、港口、道路、管线、住宅以及公共设施的建筑物、构筑物和设施。在建筑业的发展过程中,建筑工程测量作出了应有的贡献,同时其技术水平也得到很大的提高,主要表现在以下几个方面。

(1) 目前,除常规测量仪器工具(如光学水准仪、光学经纬仪和钢尺等)在建筑工程测量中继续发挥作用外,现代的光电测量仪器(如电子水准仪、电子经纬仪和全站仪等)也逐渐普及,提高了测量工作的速度、精度、可靠度和自动化程度。

(2) 一些专用激光测量仪器设备,如用于大面积场地精确自动找平的激光扫平仪、用于地下开挖指向的激光经纬仪和用于高层建筑竖直投点的激光垂准仪等的应用,也为现代地下建筑和高大建筑的施工提供了更为高效、精准的测量技术服务。

(3) 卫星定位测量技术如全球导航卫星系统(GNSS)等,也逐渐应用于建筑工程测量中,该技术作业时不受气候、地形和通视条件的制约,只需将卫星接收机安置在待定点上,接收卫星信号,就可测量出该点的三维坐标,这与传统测量技术相比是质的飞跃,目前在建筑

工程测量中,一般用于大范围和长距离施工场地中的控制测量工作。

(4) 计算机技术正在应用到测量数据处理、地形图测绘以及测量仪器自动控制等方面,进一步推动了建筑工程测量从传统的手工方式向电子化、数字化、自动化和智能化方向发展。

1.2 测量的实质

1.2.1 地面点位的确定

地球表面上的点称为地面点。测量工作的实质就是确定地面点的空间位置,因为地球表面上的地物和地貌的形状可以认为是由点、线、面构成,其中点是最基本的单元。所以,地面点位的确定是测量工作中最基本的问题。由于地球表面高低起伏不平,因此,地面点为三维空间的点,其空间位置需由三个要素确定,通常是确定地面点在参考椭球面上的投影位置,即地面点的坐标,以及地面点到大地水准面的铅垂距离,即地面点的高程。

1.2.2 测量的基准面和基准线

地球是一个南北极稍扁、赤道稍长、平均半径约为 6 371km 的不规则椭球体。测量工作是在地球表面上进行的,而地球的自然表面有高山、丘陵、平原、盆地、湖泊和海洋等高低起伏不平的形态。如果将地球表面上的物体投影到这个复杂的曲面上,计算起来非常困难,为了解决投影计算问题,引入以下测量的基准面和基准线。

1. 水准面

地球上自由静止的水面称为水准面,它有无数多个。

2. 大地水准面

地球表面呈现高低起伏的形态,测量学设想静止的平均海水面延伸穿过陆地与岛屿,形成一个封闭的椭球体曲面,称为大地水准面。大地水准面是唯一的,它是测量工作的基准面。其实,大地水准面也是一个复杂的不规则曲面,实际工作中通常是以参考椭球面作为投影计算的基准面。

3. 水平面

与水准面相切的平面称为水平面。

4. 铅垂线

地球表面物体的重力方向线称为铅垂线,它是测量工作的基准线。

1.2.3 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,也称为绝对标高、海拔,一般简称为高程,用 H 表示。如图 1-1 所示, H_A 、 H_B 分别为地面点 A、B 的绝对高程。

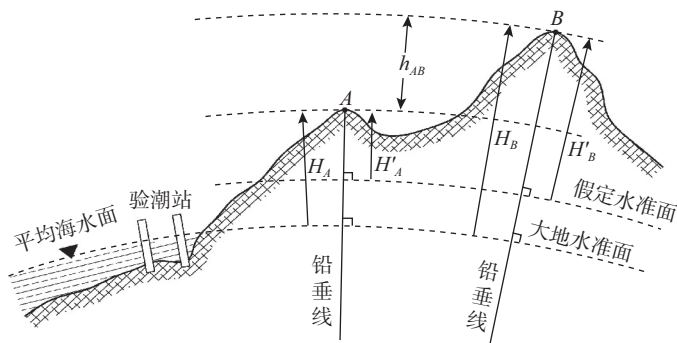


图 1-1 高程和高差

目前,我国采用的是“1985 年国家高程基准”,它是以 1952—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,其绝对高程为 72.260m。

2. 相对高程

当采用绝对高程有困难或不方便时,可以假定一个水准面作为高程基准面。地面点到假定水准面的铅垂距离称为该点的相对高程,也称为相对标高,用 H' 表示。如图 1-1 所示, H'_A 、 H'_B 分别为地面点 A、B 的相对高程。

3. 高差

两个地面点之间的高程之差称为高差,用 h 表示,如图 1-1 中, A、B 两点之间的高差为

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

可见,高差的大小与起算面无关,但有正负之分。

1.2.4 地面点的平面位置

地面点的平面位置可以用大地坐标或平面直角坐标表示。平面直角坐标又有高斯平面直角坐标和独立平面直角坐标两种。

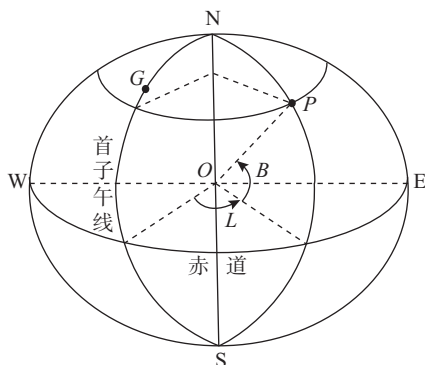


图 1-2 大地坐标

1. 大地坐标

地面点在参考椭球面上投影位置的坐标,可用大地坐标系统的经度和纬度表示。如图 1-2 所示, O 为地球参考椭球面的中心, N、S 分别为北极和南极, NS 为旋转轴,通过旋转轴的平面称为子午面,它与参考椭球面的交线称为子午线,其中通过英国格林尼治天文台的子午线称为首子午线。通过 O 点并且垂直于 NS 轴的平面称为赤道面,它与参考椭球面的交线称为赤道。

地面点 P 的经度是指过该点的子午面与首子午线之间的夹角,用 L 表示,经度从首子午线起算,往东自 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为东经,往西自 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为西经。

地面点 P 的纬度是指过该点的法线与赤道面之间的夹角,用 B 表示,纬度从赤道面起算,往北自 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为北纬,往南自 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为南纬。我国位于地球上的东北半球,因此所有点的经度和纬度分别为东经和北纬。例如,北京某点的大地坐标为东经 $113^\circ 46'$,北纬 $23^\circ 08'$ 。

2. 高斯平面直角坐标

大地坐标是球面坐标,对测量计算和绘图来说不便于直接进行各种计算。采用高斯平面直角坐标系,可将球面上的图形用平面表示出来,使测量计算和绘图变得容易。

高斯投影的原理如图 1-3 所示。将地球视为一个椭球,设想用一个横圆柱体套在地球外面,并使横圆柱体的轴心通过地球的中心,横圆柱的中心轴通过地球中心,并与地轴 NS 垂直。让圆柱面与椭球面上的某一子午线(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,再将横圆柱面沿通过南、北两级的母线剪开,展成平面,即可得到投影面到平面上的图形,这样就构成了高斯平面直角坐标系。

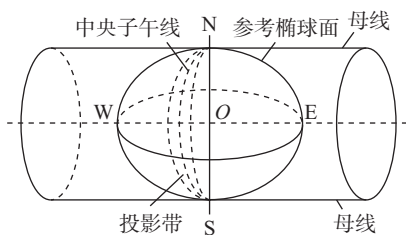


图 1-3 高斯平面直角坐标的投影

为了使投影变形限制在允许范围内,高斯投影按一定经差将地球椭球面划分为若干带,然后将每带投影到平面上。投影带是从起始子午线开始,每隔经度 6° 划分为一带,如图 1-3 所示,自西向东将整个地球划分为 60 个带,带号从起始子午线开始,用阿拉伯数字 1, 2, 3, ..., 60 表示,东经 $0^\circ \sim 6^\circ$ 为第 1 带, $6^\circ \sim 12^\circ$ 为第 2 带,以此类推,直到 60 带。位于各带中央的子午线称为该带的中央子午线,第 1 带的中央子午线的经度为 3° ,第 2 带的中央子午线的经度为 9° ,任意带的中央子午线的经度为 L_0 ,它与投影带号 N 的关系为

$$L_0 = 6N - 3 \quad (1-2)$$

式中: N —— 6° 带的带号。

反之,若已知地面某点的大地经度为 L ,可按式(1-3)计算该点所属的 6° 带的带号,即

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

式中: Int ——取整函数。

高斯投影是设想将一个平面卷成一个空心椭圆柱,横着套在地球参考椭球体的外面,使空心椭圆柱的中心轴线位于赤道面内,并通过球心,使地球参考椭球体上某一中央子午线与椭圆柱面相切。在圆形保持等角的条件下,将整个带投影到椭圆柱面上。然后将此椭圆柱沿着南北极的母线剪切、展开抚平,并在该平面上定义平面直角椭圆柱坐标。

在由高斯投影而成的平面上,中央子午线和赤道均为直线,两者相互垂直。以中央子午线为坐标系纵轴 x ,以赤道为横轴 y ,其交点为 O ,便构成此带的高斯平面直角坐标系,如图 1-4(a)所示。在这个投影面上 P 、 Q 点的位置,都可用直角坐标 x 、 y 确定。此坐标与地理坐标的经度和纬度 L 、 B 是对应的,它们之间有严密的数学关系,可以互相换算。

中国位于北半球, x 坐标均为正值,而 y 坐标则有正有负,图 1-4(a)中是 P 点位于中央子午线以西,其 y 坐标值为负值。对于 6° 带的高斯平面直角坐标系,最大的 y 坐标负值为 -365km 。为避免 y 坐标出现负值,规定将 x 轴向西平移 500km ,如图 1-4(b)所示。此外,为表明某点位于哪一个 6° 带的高斯平面直角坐标系,又规定 y 坐标值前加上带号。

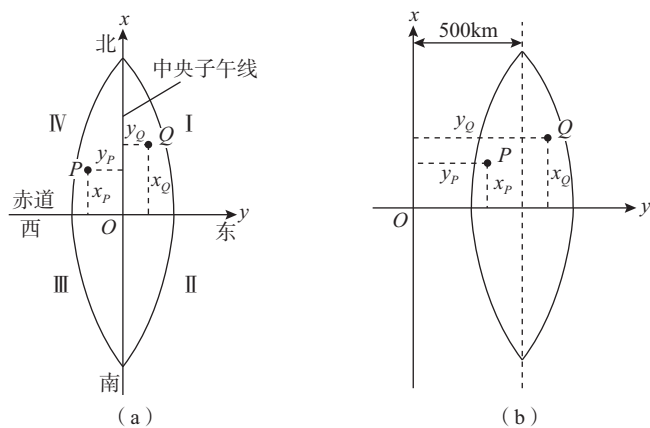


图 1-4 高斯平面直角坐标系

例如,某点坐标为 $x=3\ 263\ 245\text{m}$, $y=21\ 534\ 357\text{m}$,表示该点位于第 21 个 6° 带上,距赤道 $3\ 263\ 245\text{m}$,距中央子午线 $34\ 357\text{m}$ (去掉带号后的 y 坐标减 $500\ 000\text{m}$,若结果为正,表示该点在中央子午线东侧;若结果为负,表示该点在中央子午线西侧)。

在投影精度要求较高时,可以把投影带划分得再小一些,例如采用 3° 分带(甚至 1.5° 分带),共分为 120 带,第 n 带的中央子午线经度 L'_0 为

$$L'_0 = 3n \quad (1-4)$$

式中: n —— 3° 带的带号。

反之,若已知地面某点的大地经度为 L ,可按式(1-5)计算该点所属的 3° 带的带号,即

$$n = \text{Int}\left(\frac{L}{3} + 0.5\right) \quad (1-5)$$

3. 独立平面直角坐标

在小地区的工程测量中,可将这个小区域(一般半径不大于 10km 的范围内)的水准面近似看作水平面,并在该面上建立独立平面直角坐标系,用平面直角坐标表示地面点的平面位置。

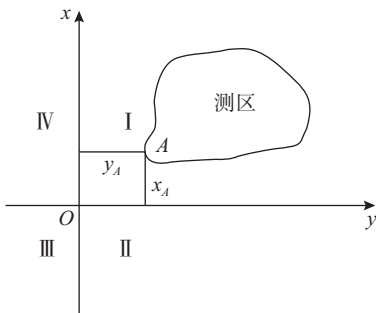


图 1-5 平面直角坐标系

如图 1-5 所示,测量上选用的独立平面直角坐标系,规定以南北方向为纵坐标轴,记作 x 轴, x 轴向北为正,向南为负;以东西方向为横坐标轴,记作 y 轴,规定向东为正,向西为负。纵、横坐标轴的交点为坐标系的原点,记作 O 点。由于测量坐标系 x 轴、 y 轴的位置正好与数学坐标系相反,为了使数学中的计算公式能够在测量上直接应用,测量坐标系的象限编号顺序也与数学坐标系相反,即从北东方向开始,按顺时针方向编号。为了避免坐标值出现负值,坐标原点 O 一般选在测区的西南角。

因此,只要知道地面点的三个量,即 x 、 y 、 H ,就可以确定地面点的空间位置。

1.2.5 用水平面代替水准面的限度

如前所述,在小测区进行测量时,可把地球面的投影面看作平面,用平面直角坐标系表示地面点在投影面上的位置。以下讨论用水平面代替水准面可以容许的范围。

1. 地球曲率对水平距离的影响

如图 1-6 所示, A、B、C 为地面点,它们在大地水准面上的投影为 a、b、c,切于该区域 a 点的水平面上的投影是 a、b'、c'。A、B 两点在大地水准面上的距离为 D,在水平面上的距离为 D',两者之差 ΔD 就是用水平面代替水准面对距离的影响。由图 1-6 可得

$$\Delta D = D' - D = R \cdot \tan\theta - R\theta = R(\tan\theta - \theta) \quad (1-6)$$

根据三角函数的级数公式:

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

因 θ 角很小,只取其前两项,代入式(1-6)得

$$\Delta D = R\left(\theta + \frac{1}{3}\theta^3 - \theta\right) = \frac{1}{3}R\theta^3$$

将 $\theta = \frac{D}{R}$ 代入上式,得

$$\Delta D = \frac{D^3}{3R^2} \quad (1-7)$$

或

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2} \quad (1-8)$$

将地球半径 R = 6 371km 及不同的距离 D 代入式(1-8),可得到表 1-1 所示的结果。

表 1-1 地球曲率对水平距离的影响

D/km	ΔD/cm	ΔD/D
10	0.82	1 : 1 200 000
20	6.57	1 : 304 000
50	103	1 : 48 500

由表 1-1 数据可知,当水平距离为 10km 时,以水平面代替水准面所产生的误差为距离的 1 : 1 200 000。目前最精密的距离丈量,其容许相对误差为 1 : 1 000 000。因此,可以得出结论:在半径为 10km 的区域内,地球曲率对水平距离的影响可以忽略不计。

2. 对水平角的影响

从球面三角学可知,球面上三角形内角之和比平面上相应的三角形内角之和多出一个

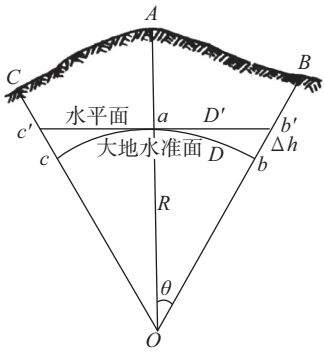


图 1-6 地球曲率对水平距离的影响

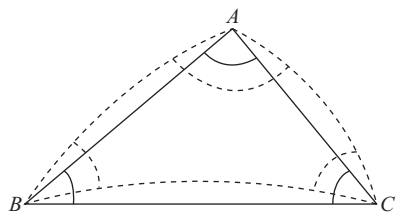


图 1-7 球面角超

球面角超 ϵ ，如图 1-7 所示。其值可根据多边形面积求得，即

$$\epsilon = \frac{P}{R^2} \rho \quad (1-9)$$

式中： ϵ ——球面角超（″）；

P ——球面多边形面积；

ρ ——206 265″；

R ——地球半径。

表 1-2 为水平面代替水准面对水平角的影响。以球面上不同的面积代入式(1-9)，求出球面角超，写入表 1-2 中。

表 1-2 水平面代替水准面对水平角的影响

球面面积/km ²	$\epsilon/(\prime\prime)$	球面面积/km ²	$\epsilon/(\prime\prime)$
10	0.05	100	0.51
50	0.25	500	2.54

计算结果表明，当测区范围在 100km² 时，水平面代替水准面对水平角的影响仅为 0.51″，在普通测量工作中可以忽略不计。

3. 对高程的影响

如图 1-6 所示，地面点 B 的高程为 H_B ，用水平面代替水准面后， B 点的高程为 H'_B ，其差值 Δh 即为用水平面代替水准面对高程的影响。由图 1-6 可得

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

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

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

前面已经证明了 D 与 D' 相差很小，可以用 D 代替 D' ，同时 Δh 与 R 比较， Δh 很小可以忽略不计。因此，上式可改写为

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (1-10)$$

以地球半径 $R = 6\,371\text{km}$ 及不同的距离 D 代入式(1-10)，可得到表 1-3 所示的结果。

表 1-3 地球曲率对高程的影响

D/km	0.1	0.2	0.5	1	2	3	4	5
$\Delta h/\text{cm}$	0.08	0.31	2.0	7.8	31	71	126	196

由表 1-3 可以看出，地球曲率对高程的影响很大。因此，在高程测量中，即使距离很短，也要考虑地球曲率对高程的影响。

1.3 测量工作概述

1.3.1 测量的基本工作与技能

如前所述,地面点的空间位置是以地面点在投影平面上的坐标(x 、 y)和高程(H)决定的。在实际测量工作中, x 、 y 、 H 的值一般不是直接测定的,而是间接测定的。通常是观测未知点与已知点之间的表示相互位置关系的基本要素,利用已知点的坐标和高程,用公式推算未知点的坐标和高程。

如图 1-8 所示, A 、 B 为地面上两已知点,其坐标(x_A 、 y_A)、(x_B 、 y_B)和高程 H_A 、 H_B 均为已知,欲确定 1 点的位置,即 1 点的坐标(x_1 、 y_1)和高程 H_1 ,若观测了 B 点和 1 点之间的高差 h_{B1} 、水平距离 D_{B1} 和未知方向与已知方向之间的水平角 β_1 ,则可利用公式推算出 1 点的坐标(x_1 、 y_1)和高程 H_1 。

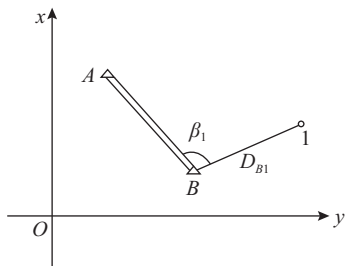


图 1-8 测量基本工作示意图

由此可见,确定地面点位的三个基本要素是水平角、水平距离和高差。所以,测量的三项基本工作是水平角测量、水平距离测量和高差测量。其中,水平角测量和水平距离测量是坐标测量的基本工作,对应技能成为建筑工程类专业人才必备的基本技能。

1.3.2 测量工作的基本原则和要求

1. 测量工作的基本原则

(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,作为后续测量工作的依据。

(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加密点以及进行碎部测量。

(4) 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基本原则。实践证明,做好检核工作,可大大减少测量成果出错的概率,并且每一步都有检核,可以及早发现错误,减少了返工重测的工作量,这样就保证了成果质量和工作效率。

2. 测量工作的基本要求

1) 严肃认真的工作态度

测量工作是一项严谨细致的工作,可谓“失之毫厘,谬以千里”,施工测量的精度会直接影响到施工的质量,施工测量的错误将会直接给施工带来无法弥补的损失,甚至导致重大质量事故。因此,在测量工作中,测量人员必须严肃认真、小心谨慎,坚持“边工作边检核”的

原则。

2) 保持测量成果的真实、客观和原始性

测量工作的科学性,要求我们在测量工作中必须实事求是,尊重客观事实,严格遵守测量规则与规范,不得似是而非、随心所欲,更要杜绝弄虚作假、伪造成果之举。同时,为了随时检查与使用测量成果,应长期保存测量原始记录与成果。

3) 爱护测量仪器和工具

测量仪器精密贵重,任何仪器的损坏、丢失,不但会造成较大的经济损失,而且会直接影响工程建设的质量和进度,因此,爱护测量仪器和工具是每个测量人员应有的职责。要求对测量仪器和工具轻拿轻放、规范操作、妥善保管;操作仪器时要手轻心细,各制动螺旋不可拧得太紧;仪器一经架设,不得离人。

4) 培养团队精神

测量工作是一项实践性很强的集体性工作,任何个人很难单独完成。因此,在测量工作中,必须发扬团队精神,各成员之间互学互助,密切配合。

5) 测量工作中关于记录的基本要求

记录后要回读复核;记录手簿时禁止使用橡皮,改正数据时,将原数据用删除线标记(应仍能辨清原数据),将改正后的数据记在原数据上面,以便将来检查复核,并做必要的备注说明;不能连环涂改观测成果,否则应重测;记录数据(包括观测、计算数据)要注意取位适当,必须满足精度要求。

1.4 测量误差的基础知识

1. 测量误差的概念

由于测量工作是在一定的外界环境下进行的,因此,无论使用的测量仪器多么精密,观测时操作多么仔细,对同一观测测量获得的多次观测结果之间总是存在差异。任何一个观测测量,在客观上总存在一个能代表其真正大小的数值,这个数值称为真值,一般用 x 表示。对未知量进行测量的过程称为观测,测量所获得的数值称为观测值,用 L_i 表示($i=1,2,\dots,n$)。进行观测时,观测值与真值之间的差异,称为测量误差或观测误差,用 Δ_i 表示。

$$\Delta_i = L_i - x \quad (1-11)$$

2. 测量误差的来源

引起测量误差的原因很多,概括起来主要有以下三个方面。

1) 测量仪器工具误差

由于测量仪器工具制造工艺上的局限性,即使经过检验与校正,残余误差仍然存在,因此测量结果中就不可避免地会受到了影响。当然,不同类型的仪器有着不同的精度,使用不同精度的仪器引起误差的大小也不相同。

2) 观测者的影响

由于观测者的感觉器官鉴别能力有一定的局限性,使得在安置仪器、照准、读数等方面都会产生误差。同时,观测者的技术水平、熟练程度和工作态度也会直接影响观测成果的质量。

3) 外界条件的影响

观测时所处的外界条件,如温度、湿度、风力、气压等因素的影响,必然使观测结果产生误差。

测量仪器、观测人员和外界条件这三方面的因素综合起来称为观测条件。观测条件与观测结果的精度有着密切的关系,在较好的观测条件下进行观测所得的观测结果的精度就会高一些;反之,观测结果的精度就会低一些。

3. 研究测量误差的目的

研究测量误差的目的是分析测量误差产生的原因和性质,正确处理观测结果,求出最可靠的值;评定测量结果的精度;通过研究误差发生的规律,为选择合理的测量方法提供理论依据。

单元小结

本单元在明确建筑工程测量任务的同时,介绍了测量学的基本概念、基础知识,这是利用测量学的知识与技能为工程建设服务、为建筑工程服务的必要基础。本单元主要内容包括建筑工程测量的任务;测量学的基本概念;测量的实质;测量工作概述;测量的三项基本工作;测量误差的基本概念等。

1. 学习重点

- (1) 建筑工程测量的任务。
- (2) 测量学的基本概念、基本原则和程序。
- (3) 测量误差的基本概念。

2. 学习难点

- (1) 测量的基准面与基准线。
- (2) 测量坐标系。

思考与拓展

1. 测定和测设有什么区别?
2. 简述建筑工程测量的任务。
3. 测量有哪些基本工作与技能?
4. 测量工作的原则是什么? 简述其实际意义。
5. 什么是测量误差? 测量误差的来源有哪几个方面?
6. 测量工作有哪些基准面与基准线?
7. 用水平面代替水准面对水平距离、水平角和高程测量有什么影响?