

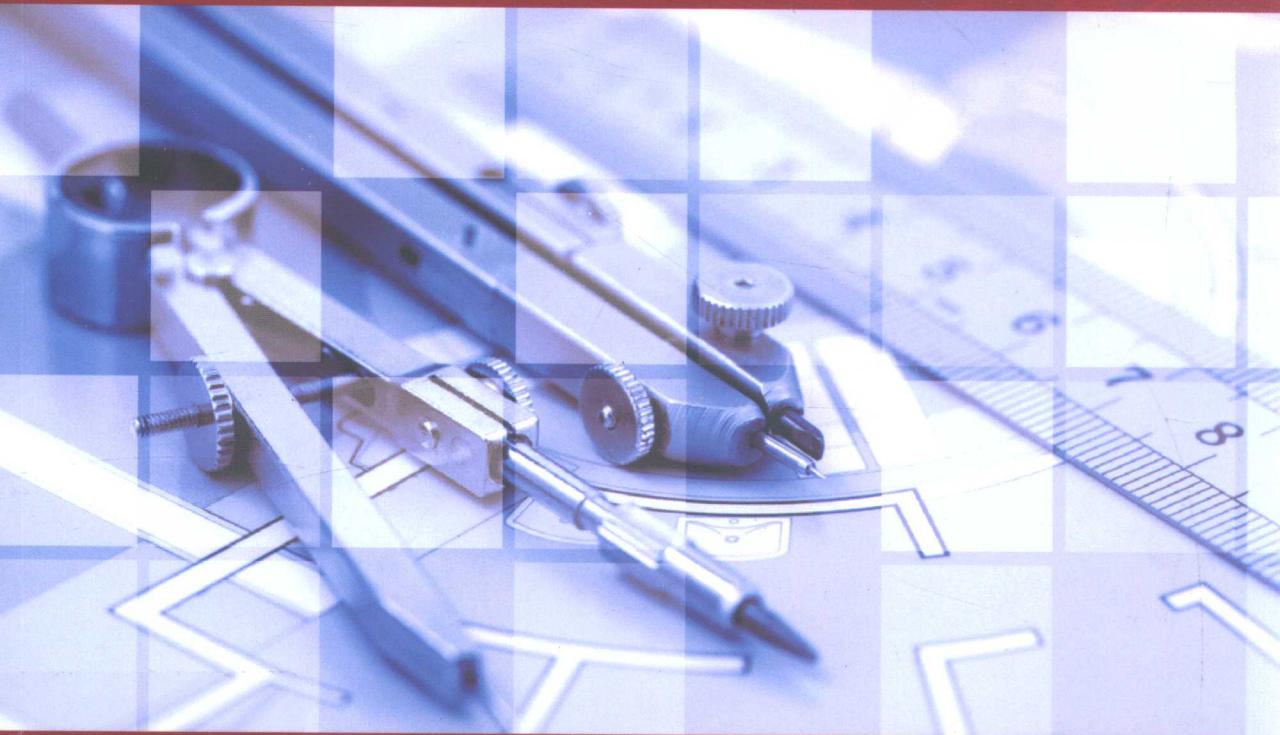
普通高等院校“十二五”应用型规划教材

PUTONG GAODENG YUANXIAO “SHIERWU” YINGYONGXING GUIHUA JIAOCAI

建筑工程测量

ARCHITECTURAL
ENGINEERING SURVEY

>>>主编 杜文举 张洪尧



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

TU198
20144

阅 览

普通高等院校“十二五”应用型规划教材

建筑工程测量

Architectural Engineering Survey

主 审 卢 正
主 编 杜文举 张洪尧
副主编 张 恒 姜 毅 肖胜文 梁淑双
参 编 谢 兵 欧阳杜鹃



华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

建筑工程测量是建筑工程在设计、施工阶段和竣工使用期间的测量工作,本书重点介绍施工阶段所需的测量知识和实践技能,在编写过程中,首先依据《工程测量规范》(GB 50026—2007)、《城市测量规范》(CJJ/T 8—2011)和《建筑变形测量规范》(JGJ8—2007),然后结合建筑工程工地施工测量所需要的知识体系在前人的成果基础上而编写的。

本书在编写中遵循由易至难,循序渐进,每个项目独立成章,全书共分十个项目单元,主要内容为:建筑工程测量基础知识、水准路线测量、角度测量、距离测量、小区域控制测量、建筑工程施工测设、地形图的识读和应用、多层民用建筑施工测量、工业厂房建筑施工测量、高层建筑施工测量等。首先按照项目模块介绍测量的基础知识:坐标正算和反算的数据运算,水准测量、角度测量和距离测量的测量方法和计算以及工地常用测绘仪器的掌握和使用;然后介绍导线测量和施工测设的外业工作和内业计算;对于地形图而言,由于是建筑工程施工,现场基本上不要求进行地形图测绘,所以只介绍了地形图的识读和应用,而没有介绍地形图的测绘方法;最后详细介绍了多层和高层建筑以及工业厂房的测设依据和详细测量方法。

本书文字通俗易懂,言简意赅,注重实用,内容一目了然,没有复杂测量理论的阐述,有利于教师教学和学生自学。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/杜文举 张洪尧 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.8
ISBN 978-7-5609-9261-7

I. 建… II. ①杜… ②张… III. 建筑测量-高等职业教育-教材 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 170159 号

建筑工程测量

杜文举 张洪尧 主编

责任编辑:金 紫

封面设计:李 嫚

责任校对:朱 霞

责任监印:张贵君

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:华中理工大学印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:11.75

字 数:320千字

版 次:2013年8月第1版第1次印刷

定 价:29.80元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

建筑工程测量属于工程测量学的范畴,在建筑工程建设中离不开建筑工程测量,它服务于建筑工程建设的每一个阶段,贯穿于工程建设的开始至结束,施工测量的精度和速度直接影响到整个工程建设的质量和进度,对于工程建设而言,施工测量的重要性不言而喻。按照建筑工程产品的生产过程,根据建筑工程测量的工作任务对所需的知识进行分解与重组,本书打破了传统教材的章节设置,有针对性地构建了新的教学项目单元,并进行了项目的整体设计,按照建筑工程测量基础知识、水准路线测量、角度测量、距离测量、小区域控制测量、建筑工程施工测设、地形图的识读和应用、多层民用建筑施工测量、工业厂房建筑施工测量、高层建筑施工测量构建了十个教学项目模块,每个项目模块内容由易到难,由简单测量到复杂测量、由基本技能到高级技能,由基础知识到实践技能,由注重理论到注重实践,突出了理论和实践的有机结合。

建筑工程测量是工程建设中的一项极其重要的技术性工作,工程测量技能是施工一线工程技术人员必须掌握的基本技能之一。本书经出版社和全体编者精心策划,仔细调研,周密论证,并根据我国高等职业教育建筑类专业的教学标准,为满足工程一线工程测量高级应用型人才的培养目标而编写的。在编写过程中,编者紧密结合最新标准和最新规范,结合多年工程实践和教学实践经验,收集了大量的资料,并借鉴了同类教材的相关内容,按照普通高等院校和高职高专土建类相关专业高级人才培养要求而编写的,也适合建筑工程一线工程技术人员参考使用。

本书在知识体系上深入浅出,理论知识以“适用为准、够用为度”,淡化理论推导,注重实用性,书中有大量图片,主线清晰,有利于教师提高教学效果,为方便教学,项目前有“能力目标”、项目后有“思考题和习题”。

本书由四川建筑职业技术学院杜文举、沙洲职业工学院张洪尧任主编,由四川建筑职业技术学院张恒、河南财政税务高等专科学校的姜毅、江西理工大学的肖胜文和柳州城市职业学院的梁淑双任副主编,四川建筑职业技术学院谢兵、欧阳杜鹃参与编写,四川建筑职业技术学院卢正教授任主审,全书由杜文举统稿。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2013年8月

目 录

项目一 建筑工程测量基础知识	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 地面点位置的确定	(2)
1.3 坐标正算	(4)
1.4 坐标反算	(5)
1.5 建筑坐标与测量坐标的换算	(6)
【思考题与习题】	(6)
项目二 水准路线测量	(7)
2.1 水准测量原理	(7)
2.2 水准仪及其使用	(10)
2.3 水准测量的外业测量和内业计算	(16)
2.4 水准仪的检验和校正与保养	(26)
2.5 水准测量误差的来源及消减方法	(30)
【思考题与习题】	(31)
项目三 角度测量	(35)
3.1 水平角测量原理	(35)
3.2 光学经纬仪的构造	(36)
3.3 经纬仪的使用	(38)
3.4 水平角测量	(41)
3.5 竖直角测量	(43)
3.6 经纬仪的检验、校正与保养维修	(47)
3.7 水平角测量误差及注意事项	(51)
【思考题与习题】	(52)
项目四 距离测量	(54)
4.1 钢尺量距	(54)
4.2 钢尺检定	(58)
4.3 直线定向	(59)
4.4 全站仪的构造及使用	(62)
【思考题与习题】	(76)
项目五 小区域控制测量	(77)
5.1 控制测量概述	(77)
5.2 导线测量	(78)

5.3 高程控制测量	(86)
【思考题与习题】	(93)
项目六 建筑工程施工测量	(95)
6.1 施工测量概述	(95)
6.2 已知水平距离、水平角和高程的测设	(96)
6.3 工程点位平面位置的测设方法	(99)
6.4 工程点位高程位置的测设	(101)
【思考题与习题】	(104)
项目七 地形图的识读和应用	(105)
7.1 地形图的基本知识	(105)
7.2 地物符号	(111)
7.3 等高线基本知识	(114)
7.4 地形图的应用	(118)
【思考题与习题】	(130)
项目八 多层民用建筑施工测量	(131)
8.1 施工测量控制网概述	(131)
8.2 建筑施工场地的平面控制测量	(132)
8.3 建筑施工场地的高程控制测量	(137)
8.4 多层民用建筑施工测量	(138)
【思考题与习题】	(148)
项目九 工业建筑施工测量	(149)
9.1 工业建筑施工测量概述	(149)
9.2 工业厂房矩形控制网的测设	(149)
9.3 工业厂房基础施工测量	(151)
9.4 厂房预制构件安装测量	(153)
【思考题与习题】	(157)
项目十 高层建筑施工测量	(158)
10.1 高层建筑定位测量	(158)
10.2 高层建筑基础施工测量	(159)
10.3 高层建筑地上部分的轴线投测	(159)
10.4 高层建筑的高程传递	(164)
10.5 建筑物变形观测	(165)
10.6 竣工总平面图的编绘和竣工测量	(173)
【思考题与习题】	(174)
附 某高层建筑施工测量方案	(176)
参考文献	(182)

项目一 建筑工程测量基础知识

学习目标

1. 了解测量学的分类,了解如何去确定地面点位置,了解建筑坐标和测量坐标之间的转换;
2. 熟悉绝对高程和相对高程及建筑标高;
3. 要掌握坐标正、反算计算。

1.1 概述

测量学是一门研究地球的形状和大小以及确定地面点之间相对位置的科学。它的主要工作有两个方面:一是将地貌等用图形和数据表示出来,为规划设计和管理等提供依据,称为测绘或测定;二是将规划或设计图纸上的建筑物等在地面现场标定出来,称为测设。不论是国家经济建设中的资源调查、环境保护、城市、交通、水利、能源建设工程,还是国防建设中的精确打击和国界勘测中都离不开测绘工作,总的来说,测量学有以下分类。

(1) 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、地面点的几何位置以及它们变化理论和技术的学科。近年来随着空间技术的发展,大地测量正在向空间大地测量和卫星大地测量方向发展,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资料。按照测量手段的不同,大地测量学又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) 摄影测量与遥感学(photogrammetry and remote sensing)——是利用非接触成像和其他传感器对地球表面及环境、其他目标或过程获取可靠的信息,并进行记录、量测、分析和表达的科学与技术。本学科又分为地面摄影测量学,航空摄影测量学和航天遥感测量等。

(3) 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,方法以及应用的学科。它的基本任务是利用各种测量成果编制各类地图,其内容一般包括地图投影,地图编制,地图整饰和地图制印等。

(4) 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在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。

本书主要讲解建筑工程测量,它属于工程测量学范畴,是城市建筑物勘测设计、施工、设备安装和竣工验收期间所进行的测量工作,其主要任务如下。

1. 测绘大比例尺地形图

将工程建设区上的地物(河流、道路、交通、房屋等)和地貌(地形的高低起伏形态,如盆地、平原、高山、峡谷等)的空间位置和形状,按照一定的比例尺用地图符号绘成地形图,为工

程建筑的各个阶段提供基础资料。

2. 施工放样和竣工测量

根据设计图纸在实地标定出设计建(构)筑物的平面位置和高程,作为施工的依据;在施工过程中进行平面位置和高程测设工作,保证施工符合设计要求;在工程验收阶段进行竣工测量,获得工程建成后的建(构)筑物以及地下管网的平面位置和高程等资料以及为以后扩建提供资料。

3. 变形观测

对于一些重要的建(构)筑物,在施工和运营期间,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,建筑工程测量能规范工程设计、实施、竣工阶段测量成果,保证工程的质量。因此,通过本课程的学习,必须掌握测量学的基本理论、基本知识和基本技能,掌握常用水准仪、经纬仪和其他测量仪器工具的使用方法;对测量新技术、新仪器有一定的了解;在建筑施工中正确应用地形图和有关测量资料,具备一般工程建筑物的施工放线能力。

1.2 地面点位置的确定

地面点的空间位置须由三个参数来确定,即该点在大地上水准面上的投影位置(两个参数: λ 、 φ 或 x 、 y)和该点的高程(H)。

1.2.1 平面位置的确定

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,水准面有无数个,每一个与平均海水面重合通过大陆延伸勾画出的一个连续的封闭曲面,称为大地水准面,由大地水准面所包围的形体叫大地体,由于地球内部质量分布不均匀,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,在这个不规则的曲面上无法进行测量计算,必须要寻找一个与大地水准面较吻合,而且能用数学公式表达的规则曲面来代替大地水准面,作为测量计算的基准面,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称参考椭球。

新中国成立以来,我国于 20 世纪 50 年代和 80 年代分别建立了 1954 年北京坐标系和 1980 西安坐标系。随着社会的进步,国民经济建设、国防建设和社会发展、科学研究等对国家大地坐标系提出了新的要求,迫切需要采用原点位于地球质量中心的坐标系统(以下简称地心坐标系)作为国家大地坐标系。采用地心坐标系,有利于采用现代空间技术对坐标系进行维护和快速更新,测定高精度大地控制点三维坐标,并提高测图工作效率,其原点为包括海洋和大气的整个地球的质量中心, Z 轴指向 BIH1984.0 定义的协议极地方向(BIH 国际时间局), X 轴指向 BIH1984.0 定义的零子午面与协议赤道的交点, Y 轴按右手坐标系确定,2000 国家大地坐标系采用的地球椭球参数如下:

长半轴 $a=6378137\text{ m}$;

扁率 $f=1/298.257222101$ 。

由于参考椭球的扁率很小,所以当测区面积不大时,可把这个参考椭球近似看作为圆球。

地面点的平面位置在工程测量上通常采用高斯平面直角坐标系和平面直角坐标系两种。

1) 高斯平面直角坐标

地球表面是一个曲面,在进行大区域测图时,将球面上的图形投影到平面上,必然会产生变形,这种变形称为地图投影变形(包括角度、长度和面积变形等)。地图投影的方法有等角投影(又称为正形投影)、等积投影和任意投影等多种,测量上采用高斯正形投影。通过高斯分带投影方法在全国建立统一的高斯平面直角坐标系,解决了大面积测图时地面点向椭球面投影再向平面展绘带来的一系列问题,又能满足地形图测绘的精度要求。

2) 平面直角坐标

平面直角坐标系又称为独立坐标系,当测图范围较小时,可以把该区域的球面视为水平面,将地面点直接沿铅垂线方向投影到水平面上。如图 1-1 所示,以相互垂直的纵横轴建立平面直角坐标系,纵轴为 X 轴,向上(北)为正,向下(南)为负;横轴为 Y 轴,向右(东)为正,向左(西)为负, X 轴和 Y 轴的交点 O 为坐标原点。坐标象限自纵轴北方向顺时针顺序编号,其目的是便于将数学中的公式直接应用到测量计算中,而不需作任何变更。当采用独立坐标系作为测绘某区域地形图的坐标系时,为避免坐标出现负值,通常取该区域外缘的西南点作为坐标原点,并设法使 X 轴的正方向近似于实际的北方向。

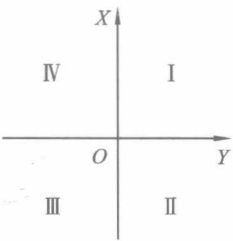


图 1-1 平面直角坐标

1.2.2 高程

1) 绝对高程

地面上任意一点沿铅垂方向到大地水准面的距离,称为该点的绝对高程,简称高程,如图 1-2 中的 A 、 B 两点的高程为 H_A 、 H_B 。

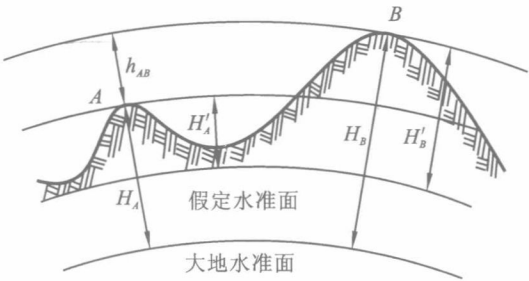


图 1-2 绝对高程相对高程示意图

我国在青岛设立了水准原点,作为全国高程的起算面,在青岛验潮站附近的观象山埋设固定标志,用精密水准测量方法与验潮站所求出的平均海水面进行联测,测出其高程为 72.289 m,它的高程作为全国高程的起算点,称为水准原点。根据这个面起算的高程称为 1956 年黄海高程系统。由于 1956 年黄海高程系统青岛验潮站的资料观测时间较短,国家决定重新计算黄海平均海面,以青岛验潮站 1952~1979 年潮汐观测资料计算的平均海水面为国家高程起算面,称为 1985 国家高程基准,根据新的高程基准推算的青岛水准原点高程为 72.260 m,1985 国家高程基准高程=1956 年黄海高程-0.029 m。

2) 相对高程

局部地区无法知道绝对高程时,假定某一水准面作为高程的起算面,地面点到假定水准面的铅垂距离称为该点的相对高程,如图 1-2 中的 H_A' 和 H_B' 。

3) 建筑标高

标高表示建筑物各部分的高度,标高分为绝对标高和相对标高,以建筑物室内首层主要地面高度为 ± 0.000 ,作为标高的起点所计算的标高称为相对标高,在相对标高中,凡是包括装饰层厚度的标高称为建筑标高,注写在构件的装饰层面上。

4) 高差

两地面点之间的高程之差称为高差,常用 h 表示。图 1-2 中 B 点相对于 A 点的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A$$

高差有正有负,当 B 点高程大于 A 点高程时, h_{AB} 为正,反之为负。

[例 1-1] 已知 A 点高程 $H_A = 695.238 \text{ m}$, B 点高程 $H_B = 699.670 \text{ m}$,则 B 点相对于 A 点的高差 $h_{AB} = 699.670 - 695.238 = 4.432 \text{ m}$; B 点高于 A 点;而 A 点相对于 B 点的高差应为 $h_{BA} = 695.238 - 699.670 = -4.432 \text{ m}$;同样 B 点高于 A 点。

由此可见

$$h_{AB} = -h_{BA}$$

根据地面点的三个参数 x 、 y 、 H ,地面点的空间位置就可以确定了。

1.3 坐标正算

根据直线起点的坐标、直线长度及其坐标方位角计算直线终点的坐标,称为坐标正算。例如,如图 1-3 所示,已知直线 AB 起点 A 的坐标为 (x_A, y_A) , AB 边的长度及坐标方位角分别为 D_{AB} 和 α_{AB} ,需计算直线终点 B 的坐标。直线两端点 A 、 B 的坐标值之差,称为坐标增量,用 Δx_{AB} 、 Δy_{AB} 表示。由图 1-3 可看出坐标增量的计算公式为

$$\Delta x_{AB} = x_B - x_A = D_{AB} \times \cos \alpha_{AB}$$

$$\Delta y_{AB} = y_B - y_A = D_{AB} \times \sin \alpha_{AB}$$

计算坐标增量时, $\sin$ 和 $\cos$ 函数值随着 α 角所在象限而有正负之分,因此算得的坐标增量同样具有正、负号,上述公式适用于四个象限而不需要增加正负号,正负号规律如表 1-1 所示。

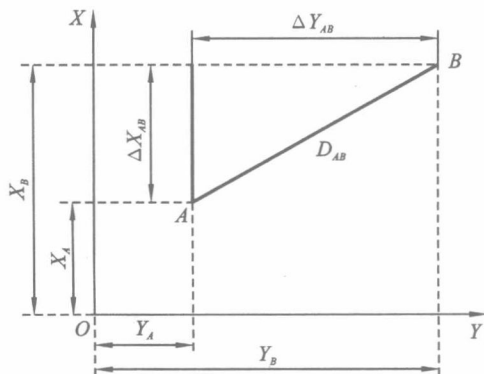


图 1-3 坐标正反算

表 1-1 坐标增量正、负号的规律

象 限	坐标方位角 α	Δx	Δy
I	$0^\circ \sim 90^\circ$	+	+
II	$90^\circ \sim 180^\circ$	-	+
III	$180^\circ \sim 270^\circ$	-	-
IV	$270^\circ \sim 360^\circ$	+	-

则 B 点坐标的计算公式为

$$x_B = x_A + \Delta x_{AB} = x_A + D_{AB} \times \cos \alpha_{AB}$$

$$y_B = y_A + \Delta y_{AB} = y_A + D_{AB} \times \sin \alpha_{AB}$$

[例 1-2] 已知直线 AB 的边长为 170.850 m,坐标方位角为 $157^\circ 30' 45''$,其中一个端点 A 的坐标为(3872145.970,396537.372),求直线另一个端点 B 的坐标 x_B, y_B 。

解 根据公式得

$$\begin{aligned} x_B &= X_A + D_{AB} \times \cos \alpha_{AB} = 3872145.970 + 170.850 \times \cos 157^\circ 30' 45'' \\ &= 3872145.970 - 157.859 = 3871988.111 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_B &= Y_A + D_{AB} \times \sin \alpha_{AB} = 396537.372 + 170.850 \times \sin 157^\circ 30' 45'' \\ &= 396537.372 + 65.347 = 396602.719 \text{ (m)} \end{aligned}$$

1.4 坐标反算

根据直线起点和终点的坐标,计算直线的边长和坐标方位角,称为坐标反算。如图 1-3 所示,若 A、B 为两已知点,其坐标分别为 (x_A, y_A) 和 (x_B, y_B) ,根据三角函数,可以得出直线的边长和坐标方位角计算公式为

$$\begin{aligned} D_{AB} &= \sqrt{\Delta x_{AB}^2 + \Delta y_{AB}^2} \\ \alpha_{AB} &= \arctan \frac{\Delta y_{AB}}{\Delta x_{AB}} = \arctan \left(\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \right) \end{aligned}$$

应该注意的是坐标方位角的角值范围在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 之间,而 $\arctan$ 函数的范围在 $-90^\circ \sim +90^\circ$ 之间,两者是不一致的。应按表 1-2 转换。

表 1-2 计算的角度与坐标方位角转换规律

象 限	Δx	Δy	计算的角度($\alpha_{\text{计算}}$)	坐标方位角(α_{AB})
I	+	+	$\alpha_{\text{计算}}$	$\alpha_{AB} = \alpha_{\text{计算}}$
II	-	+	$\alpha_{\text{计算}}$	$\alpha_{AB} = 180^\circ + \alpha_{\text{计算}}$
III	-	-	$\alpha_{\text{计算}}$	$\alpha_{AB} = 180^\circ + \alpha_{\text{计算}}$
IV	+	-	$\alpha_{\text{计算}}$	$\alpha_{AB} = 360^\circ + \alpha_{\text{计算}}$

[例 1-3] 已知 B 点坐标为(1500.505,900.543),A 点坐标为(1400.555,920.733),求距离 D_{BA} 和坐标方位角 α_{BA} 。

解 计算 B、A 两点的坐标增量

$$\Delta x_{BA} = 1400.555 - 1500.505 = -99.950 \text{ (m)}$$

$$\Delta y_{BA} = 920.733 - 900.543 = 20.190 \text{ (m)}$$

由于 Δx_{BA} 为负, Δy_{BA} 为正值, 可知直线 BA 在第二象限。

$$D_{BA} = \sqrt{\Delta x_{BA}^2 + \Delta y_{BA}^2} = 101.969 \text{ (m)}$$

$$\beta_{BA} = \arctan\left(\frac{\Delta y_{BA}}{\Delta x_{BA}}\right) = -11^{\circ}25'12''$$

根据计算的角度和坐标方位角的关系, 得出

$$\alpha_{BA} = 180^{\circ} + (-11^{\circ}25'12'') = 168^{\circ}34'48''$$

1.5 建筑坐标与测量坐标的换算

在建筑物施工放样之前, 规模较大的建筑工程项目都要先建立专用的施工控制网, 设计

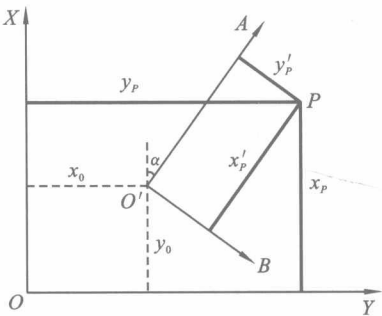


图 1-4 建筑坐标与测量坐标换算

和施工部门为了工作方便, 常采用独立的施工坐标系, 也称为建筑坐标系, 其纵轴通常用 A 表示, 横轴用 B 表示, A 轴与 B 轴应与场地内的主要建筑物或主要管线平行, 如图 1-4 所示。需要将建筑坐标系换算到测量坐标系, 换算的要素包括建筑坐标系原点到测量坐标系原点在测量坐标系上横纵轴上的长度 x_0, y_0 和建筑坐标系纵轴与测量坐标系纵轴之间的夹角 α , 这三个参数一般由设计单位给出。

设 x_P, y_P 为 P 点在测量坐标系 XOY 中的坐标, x'_P, y'_P 为 P 点在建筑坐标系 $AO'B$ 中的坐标, 则将建筑坐标换算成测量坐标的计算公式为:

$$x_P = x_0 + x'_P \times \cos \alpha - y'_P \times \sin \alpha$$

$$y_P = y_0 + x'_P \times \sin \alpha + y'_P \times \cos \alpha$$

反之, 将测量坐标换算成建筑坐标的计算公式如下:

$$x'_P = (x_P - x_0) \times \cos \alpha + (y_P - y_0) \times \sin \alpha$$

$$y'_P = -(x_P - x_0) \times \sin \alpha + (y_P - y_0) \times \cos \alpha$$

【思考题与习题】

1. 测量学分为哪几类?
2. 建筑工程测量的主要任务是哪些?
3. 已知直线 MN 的坐标方位角为 $157^{\circ}38'45''$, 距离为 125.635 m 和 M 点的坐标为 $M(500.000, 500.000)$, 求 N 点的坐标。
4. 已知直线 AB 两端点的坐标分别为 $A(587.425, 357.287)$ 、 $B(465.346, 327.890)$, 求直线 AB 的坐标方位角和水平距离。
5. 如何进行建筑坐标与测量坐标之间的换算?

项目二 水准路线测量



学习目标

1. 了解水准测量的原理和水准点的埋设及水准仪的检校;
2. 熟悉水准测量高差的计算,熟悉 DS₃ 水准仪和自动安平水准仪的构造和水准测量成果校核;
3. 掌握水准的使用和水准测量的外业工作和内业计算。

水准测量是高程测量的方法之一。根据使用的仪器和测法的不同,高程测量可分为水准测量、三角高程测量、气压高程测量、连通管高程测量和 GPS 高程测量 5 类。

水准测量是利用水准仪提供的水平视线进行观测,是高程测量中最常用、最精密的方法,也是本项目重点介绍的方法。

三角高程测量是用经纬仪或全站仪测出待测点的竖直角和距离,根据三角公式计算出两点间的高差,再量取仪器高便可推算出待测点的高程,其精度不如水准测量。

气压高程测量是用气压计来测量高程,其精度远远低于前两种方法,用于工程踏勘或粗略测量。

连通管高程测量是利用透明塑料管制成的连通器测定高程,用于建筑工程室内装修抄平。

GPS 高程测量是利用 GPS 接收机直接测定待测点在 WGS-84 坐标系中的三维坐标。

2.1 水准测量原理

水准测量原理是利用水准仪提供的水平视线,分别读出两点水准尺上的读数,先求得两点间的高差;如果其中一个点高程已知,便可根据已知点高程和高差,推算出待测点的高程。

2.1.1 水准测量公式

1. 水准测量的前进方向

水准测量是由已知水准点 A 向待测水准点 B 进行的,如图 2-1 中的箭头所示。

2. 水准读数

水准测量的基本要求是水准仪提供的视线必须是一条水平视线。当视线水平时,在水准尺上的读数叫水准读数,水准读数分为后视读数和前视读数。

①后视读数:水准仪在已知高程点上或已知高程方向上的读数称为后视读数,如图 2-1 中已知水准点 A 上的读数 a 。

②前视读数:水准仪在待测高程点上或待测高程方向上的读数称为前视读数,如图 2-1 中待测高程点 B 上的读数 b 。

③水准读数的大小:当视线水平时,地势越低,立尺点越低,则该点上的水准读数越大;

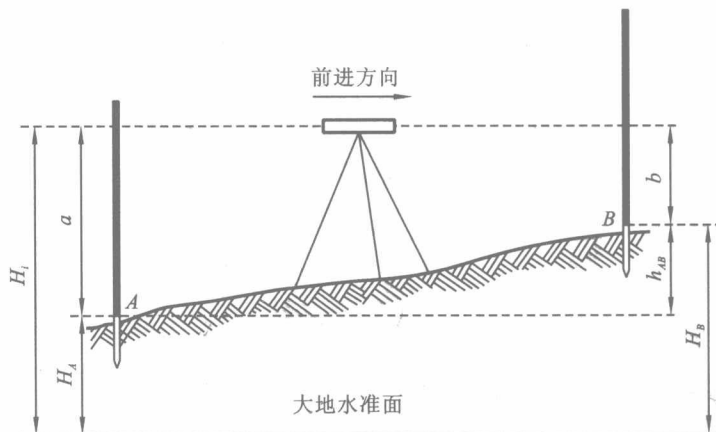


图 2-1 水准测量原理

反之,地势越高,立尺点越高,则该点的水准读数就越小。

3. 水准测量计算公式

如图 2-1,已知高程点 A 的高程为 H_A ,待求高程点 B 的高程为 H_B , a 为后视读数, b 为前视读数, H_i 为水准仪提供的水平视线的高程,叫做视线高。计算 B 点高程有以下两种方法。

①高差法:高差=后视读数-前视读数,即

$$h_{AB} = a - b$$

B 点待测高程=A 点已知高程+AB 两点高差,即

$$h_{AB} = H_A + h_{AB}$$

②视线高法:视线高=A 点已知高程+后视读数,即

$$B \text{ 点待测高程} = \text{视线高程} - \text{前视读数} = H_A + a - b$$

[例 2-1] 如图 2-1 中已知 A 点高程 $H_A = 482.625 \text{ m}$,后视读数 $a = 1.371 \text{ m}$,前视读数 $b = 0.665 \text{ m}$,分别用两种公式求 B 点高程。

解 (1) 高差法

$$h_{AB} = 1.371 - 0.665 = 0.706(\text{m})$$

B 点高程为

$$H_B = H_A + h_{AB} = 482.625 + 0.706 = 483.331(\text{m})$$

(2) 视线高法

$$\text{视线高 } H_i = H_A + a = 482.625 + 1.371 = 483.996(\text{m})$$

B 点高程为

$$H_B = H_i - b = 483.996 - 0.665 = 483.331(\text{m})$$

结论:高差法和视线高法的区别在于计算高程时的次序不同,其测量原理是相同的,得到的结果也完全一致。

2.1.2 水准测量高程的传递

当已知高程点 A 和待测高程点 B 之间的高差过大、距离过长或视线有遮挡时,安置一次仪器不能直接测得两点间的高差,这时就要在 A、B 两点间多设一些临时立尺点,连续多次安置仪器,分段测得两点间的高差。这些立尺点,在前一站是前视,后一站则为后视,我们

称其为转点,用 TP 表示,它起着传递高程的作用。由于转点是临时立尺点,其下土质松软,因此在尺子底部应安放尺垫,并踩实。以防止转点在观测过程中尺子下沉所带来的误差。如图 2-2 所示。

B 点的高程为

$$\begin{aligned} H_B &= H_A + h_{AB} = H_A + (h_{A1} + h_{12} + h_{2B}) \\ &= H_A + (a_1 - b_1) + (a_2 - b_2) + (a_3 - b_3) \end{aligned}$$

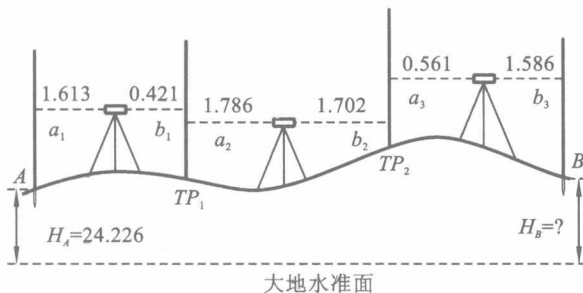


图 2-2 水准测量高程的传递

[例 2-2] 如图 2-2,求 B 点的高程。

$$\begin{aligned} H_B &= H_A + h_{AB} = H_A + (h_{A1} + h_{12} + h_{2B}) = H_A + (a_1 - b_1) + (a_2 - b_2) + (a_3 - b_3) \\ &= 24.226 + (1.613 - 0.421) + (1.786 - 1.702) + (0.561 - 1.586) \\ &= 24.477(\text{m}) \end{aligned}$$

[例 2-3] 如图 2-3 所示,已知点 A 点的高程 $H_A = 478.523 \text{ m}$,要测出 1、2、3 点的高程,先测得 A 点的后视读数 $a = 1.546 \text{ m}$,然后分别在待测点上立尺,测出前视读数 $b_1 = 0.952 \text{ m}$, $b_2 = 1.728 \text{ m}$, $b_3 = 1.326 \text{ m}$ 。

解 (1) 计算视线高 $H_i = H_A + a = 478.523 + 1.546 = 480.069(\text{m})$

(2) 计算各待定点高程分别为

$$H_1 = H_i - b_1 = 480.069 - 0.952 = 479.117(\text{m})$$

$$H_2 = H_i - b_2 = 480.069 - 1.728 = 478.341(\text{m})$$

$$H_3 = H_i - b_3 = 480.069 - 1.326 = 478.743(\text{m})$$

通过上述两个实例得知,高差法通常用于连续几个测站传递高程时,而视线高法在安置一次仪器同时测出几个待测点时更有优势,因此视线高法在建筑施工测量中被广泛应用。

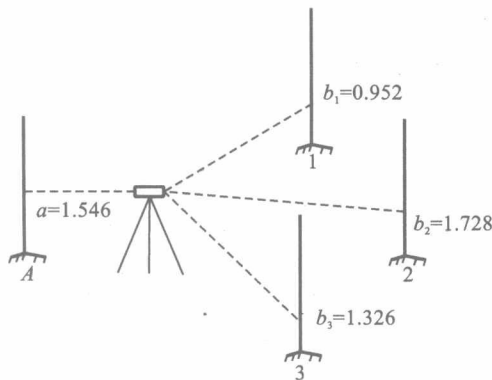


图 2-3 视线高法测量高程点

2.2 水准仪及其使用

水准测量使用的主要仪器和工具有水准仪、水准尺和尺垫。

2.2.1 水准仪的分类

(1) 按精度分。

根据国家水准仪(GB/T 10156—1997)规定,我国水准仪精度分为3级,分别是高精密水准仪(DS₀₂、DS₀₅),精密水准仪(DS₁)与普通水准仪(DS_{1.5}、DS₃)。高精密水准仪用于国家一等水准测量及地震水准测量,精密水准仪多用于国家二等水准测量及沉降观测,普通水准仪则用于国家三四等水准测量及普通施工测量。S为水准仪代号,数字代表每千米往返测量高差中误差,单位mm。例如,DS₃代表每千米往返测量高差中误差为3mm。

(2) 按构造分。

水准仪按构造分为微倾式水准仪、光学自动安平水准仪、电子自动安平水准仪。微倾式水准仪发展于20世纪40年代,由于操作复杂,现已趋于淘汰。光学自动安平水准仪起源于20世纪50年代,是目前施工测量中使用最多的仪器,电子自动安平水准仪是20世纪90年代以后发展起来的仪器,在自动安平水准仪的基础上实现了自动调焦,数字显示读数,属于精密仪器。

2.2.2 DS₃微倾式水准仪的构造及使用

1. DS₃水准仪的构造

DS₃水准仪由望远镜、水准器和基座三部分组成,其外形和各部件名称见图2-4。

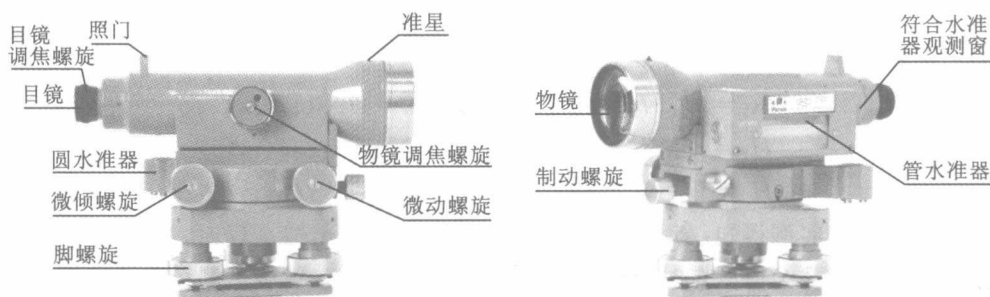


图 2-4 DS₃微倾式水准仪构造

①望远镜 主要由物镜、目镜、调焦透镜、十字丝分划板、目镜调焦螺旋、物镜调焦螺旋组成。如图2-5所示,它起提供光学视线,瞄准水准尺,并在水准尺上读数的作用。

十字丝分划板上有中丝,用来截取水准尺读数;有上丝、下丝,用来测距离,称为视距丝;还有竖丝,用于检核水准尺是否处于铅垂位置。

②水准器 它是用来指示视准轴处于水平状态的装置,由圆水准器和管水准器组成,如图2-6(a)为圆水准器,图2-6(b)为管水准器。当水准器内的气泡居中时,则水准仪水平。圆水准器整平分划值一般在8'—10',由于精度较低,用于粗平;管水准器分划值为20'',整平精度较高,用于精平。

为了提高水准仪整平的精度,微倾式水准仪大多安置符合式水准器,如图2-7所示,采

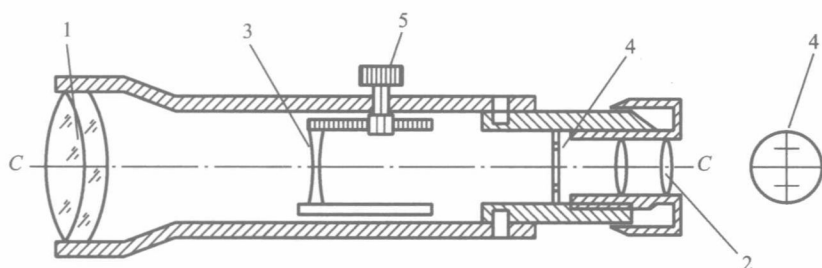


图 2-5 望远镜

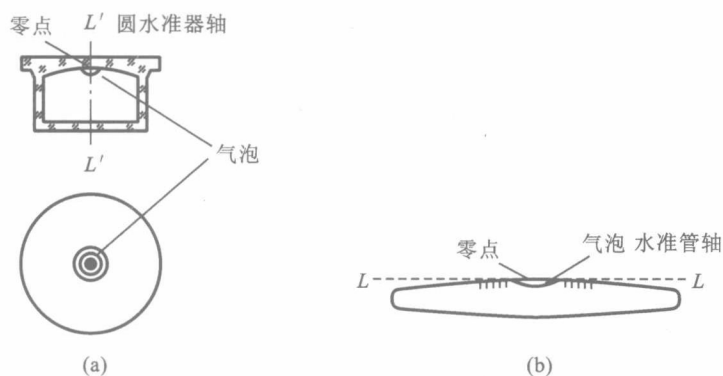


图 2-6 水准器

(a)圆水准器;(b)管水准器

用符合棱镜将气泡两端的半影像经反射投射在符合水准器观测窗内。当气泡两边影像错开时,气泡不居中,仪器不水平,如图 2-7(b)所示。调节微倾螺旋可使气泡吻合,如图 2-7(c)代表气泡吻合,仪器水平。

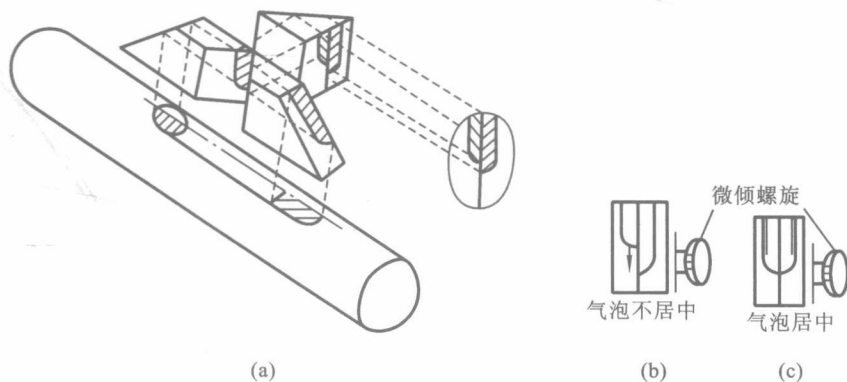


图 2-7 符合式水准器

③基座 它由轴座、脚螺旋、底板和三角压板构成。基座起支撑仪器的作用,轴座与仪器竖轴连接,脚螺旋用于调节圆水准器水平,底板通过脚螺旋与下部三角架连接。

2. DS₃微倾水准仪的主要轴线

如图 2-8 所示,水准仪的轴线有以下四条。

①视准轴(CC):十字丝中心与物镜光心的连线。

②水准管轴(LL):过水准管零点 O 与水准管纵向圆弧的切线。