

建筑工程测量

JianZhu GongCheng CeLiang

主 编 / 翟 晖

副主编 / 赵金平



人民交通出版社
China Communications Press

建筑工程测量

JianZhu GongCheng CeLiang

主 编 / 翟 晖

副主编 / 赵金平



人民交通出版社

China Communications Press

北 京

内 容 提 要

本书为齐齐哈尔铁路工程学校示范校建设成果之一,内容切合职业教育的培养目标,侧重技能传授,弱化理论,强化实践内容。

全书共分9个项目,主要包括:绪论、水准测量、角度测量、距离测量、直线定向、全站仪测量技术、控制测量、大比例尺地形图测绘、建筑施工测量。

本书可作为土木工程类建筑工程施工专业的教材,也可作为其他相关专业工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量 / 翟晖主编. --北京:人民交通出版社, 2014.8

ISBN 978-7-114-10825-9

I. ①建… II. ①翟… III. ①建筑测量 - 中等专业学校 - 教材 IV. ①TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 179157 号

书 名: 建筑工程测量

著 作 者: 翟 晖

责任编辑: 刘彩云 吴燕伶

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 11.25

字 数: 220 千

版 次: 2014 年 8 月 第 1 版

印 次: 2014 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-10825-9

定 价: 26.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

本书为“国家示范校建设精品课程教材”,是根据中等职业教育房屋建筑施工专业系列教材开发计划,总结编者多年的教学经验而编写的。

随着现代测绘技术的发展与应用,工程建设中的测绘生产技术方法发生了巨大变革。本书是为了适应中等职业教学改革的需求而编写的,内容上力求现金实用、简明通俗,删除了传统教材中过时、理论过深的内容;突出职业技术教育特点,着重基本操作、应用的详细叙述。在测量仪器的使用方法上,本书重点介绍了全站仪,对测量实践中已很少使用的 DS3 微倾式水准仪和 DJ6 型经纬仪不再介绍,代之介绍自动安平水准仪和 DJ2 型经纬仪。书中每个项目除了正文和课后习题外,文前设有引言、理论目标、技能目标,文后附有小结;为了满足学生开阔视野的需求,大部分项目后还增加了拓展阅读,供参考学习。

本书由齐齐哈尔铁路工程学校翟晖担任主编,赵金平担任副主编,并由翟晖统稿。参加本书编写的还有齐齐哈尔铁路工程学校肖丹、边波、余彤。具体分工如下:项目 1、3、5 由赵金平、翟晖编写,项目 2 由余彤,项目 4 由边波编写,项目 6 由翟晖编写,项目 7 由翟晖、余彤编写,项目 8 由肖丹编写,项目 9 由赵金平编写。

限于编者水平,书中难免存在疏漏与不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2014 年 4 月

目 录

项目 1 绪论	1
1.1 工程施工测量的任务	1
1.2 地面点位的确定	2
1.3 测量工作概述	5
项目 2 水准测量	9
2.1 高程测量的概念	9
2.2 水准测量	9
2.3 水准仪	11
2.4 水准测量的实施与成果整理	13
2.5 水准仪的检验与校正	20
2.6 水准测量误差及注意事项	22
项目 3 角度测量	26
3.1 角度测量的原理	26
3.2 光学经纬仪及其使用	28
3.3 测回法观测水平角	33
3.4 竖直角观测	35
3.5 经纬仪的检验与校正	38
3.6 水平角测量的误差与注意事项	42
项目 4 距离测量	47
4.1 距离测量概述	47
4.2 钢尺量距	48
4.3 视距测量	53
项目 5 直线定向	61
5.1 标准方向的种类	61
5.2 直线方向的表示方法	63
项目 6 全站仪测量技术	68
6.1 全站仪概述	68
6.2 全站仪的构造和功能	69
6.3 全站仪基本测量操作	71
6.4 全站仪特殊测量(菜单命令)	80

6.5	全站仪使用的注意事项与维护	85
项目 7	控制测量	89
7.1	概述	89
7.2	导线测量	92
7.3	导线测量的内业计算	94
7.4	导线平面的绘制	98
7.5	小地区高程控制测量	99
项目 8	大比例尺地形图测绘	108
8.1	地形图的基本知识	108
8.2	测图前的准备工作	121
8.3	经纬仪测绘法	123
8.4	地形图测绘的基本要求	128
8.5	地形图的应用	131
项目 9	建筑施工测量	144
9.1	建筑施工测量概述	144
9.2	建筑场地施工控制网的建立	145
9.3	民用建筑施工测量	149
9.4	工业厂房施工测量	155
9.5	烟囱施工测量	160
9.6	高层建筑物的施工测量	162
9.7	复杂民用建筑施工测量	165
9.8	建筑物的变形观测	166
9.9	竣工总平面图的编绘	172

项目1 绪论



【引言】

○○○○○○○○

本项目主要介绍了测量学的基本概念、分类、任务及作用,测量工作的主要目的,确定地面点的位置,测量的基本工作和原则。对测量学做了概括的介绍,使读者对测量这门学科有整体的认识 and 了解,具体内容在以后的学习中会逐一地进行。

【理论目标】

1. 掌握测定、测设、大地水准面、绝对高程、相对高程、高差和测量三要素的基本概念。
2. 了解测量学的分类、测量工作的程序和基本原则。

【技能目标】

1. 掌握建筑工程施工测量各阶段的主要任务。
2. 掌握测量坐标系与数学坐标系的区别。

1.1 工程施工测量的任务

1.1.1 测量学的分类

测量学是研究地球的形状和大小以及确定地面点位的科学。按照所研究的内容不同,可分为大地测量学、摄影测量与遥感、地图制图学、海洋测绘学、工程测量学等几个分支学科(图1-1)。

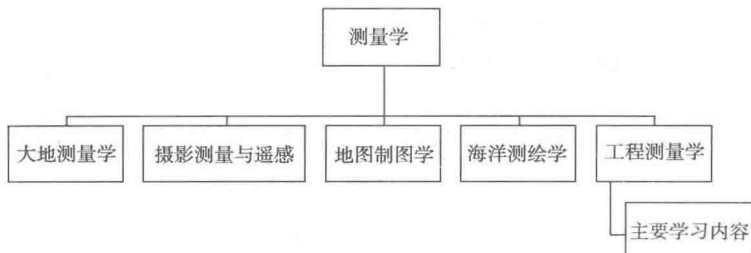


图1-1 测量学的分类

1.1.2 工程测量的主要任务

工程测量的主要任务包括测定、测设和监测三部分,如图1-2所示。

测定也称测绘或测图,是指使用测量仪器和工具,按照一定的测量程序和方法把地上实物按一定的比例尺和特定的符号绘制成地形图或平面图,供规划设计及管理使用。

测设在施工现场俗称放样,是将图纸上设计好的建筑物、构筑物的位置在实地标定出来,作为指导施工的依据。

监测又称变形观测,是对某些有特殊要求的建筑物和构筑物,在施工过程中和使用期间,测定有关部位在建筑荷载和外力作用下随时间而发生变形的规律,监测其安全性和稳定性,其观测结果是验证设计理论和检验施工质量的重要资料。

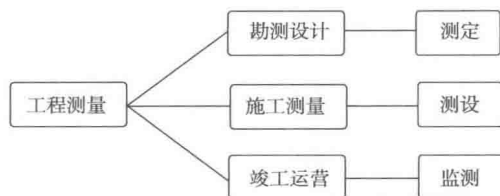


图 1-2 工程各阶段测量工作的主要任务

1.1.3 工程测量的应用

在国民经济和国防建设中,工程测量占有重要地位。工程测量的应用涉及各个方面,包括铁路测量、公路测量、水利测量、矿山测量、工业与民用建筑测量等,如图 1-3 所示。

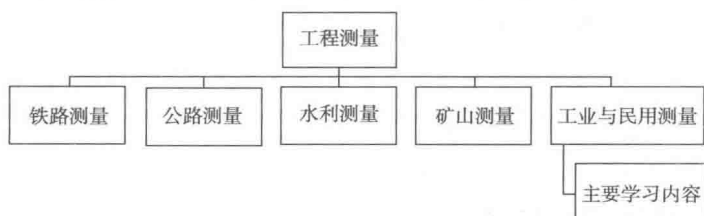


图 1-3 工程测量的应用

在建筑工程建设中,从勘测设计阶段到施工、竣工阶段,都需要进行大量的测量工作,如图 1-4 所示。比如建筑物建造以前,为了确定建筑物在地面上的合理位置以及与周边已有建筑物的位置关系,必须先测绘建筑物附近的平面图,在平面图上进行建筑物的设计,然后将建筑物的位置标定在地面上以指导施工。建筑物建成后运营期间,还需要测量工作为建筑物及其构筑物的维修、养护、改建和扩建提供资料,包括变形观测和维修养护测量等。

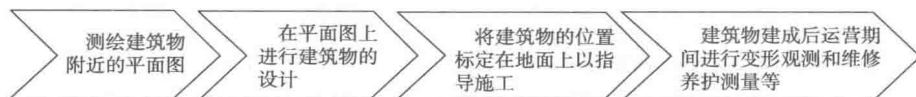


图 1-4 建筑物建造过程中测量的工序

由此可见,测量工作贯穿工程建设的始终,服务于施工过程中的每一个环节,而且测量的精度和进度直接影响整个工程的质量与进度,在建筑工程建设中起着十分重要的作用。

1.2 地面点位的确定

测量工作的实质是确定地面点的位置,而地面点的空间位置由三个参数确定,即该点投影后的平面位置(两个参数 L 、 B 或 x 、 y)和该点的高程 H (一个参数),如图 1-5 所示。

1.2.1 地面点的平面位置

地面点的平面位置,可用大地坐标、高斯平面直角坐标和独立平面直角坐标表示,如

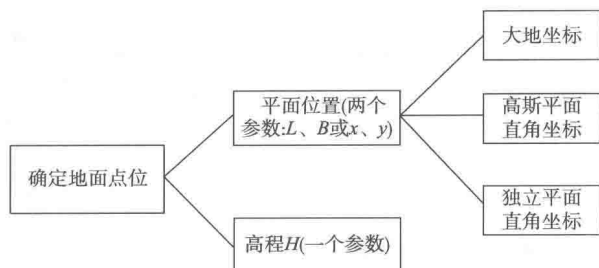


图 1-5 确定地面点的三个参数及平面表示方法

图 1-5 所示。

1) 大地坐标

用大地经度 L 和大地纬度 B 表示地面点在平面上的投影位置,例如北京某点大地坐标为东经 $116^{\circ}28'$ 、北纬 $39^{\circ}54'$,以此确定点位的平面位置。

2) 高斯平面直角坐标

大地坐标是用经纬度表示地面点位置的球面坐标,若将其直接应用于工程测量中,很多时候极不方便。局部测量上的计算和绘图最好在平面上进行。利用高斯投影法建立的平面直角坐标系,称为高斯平面直角坐标系。

3) 独立平面直角坐标

大地水准面虽是曲面,但当测量区域(如半径不大于 10km 的范围)较小时,可以用测区中心点 P 的水平面来代替大地水准面,如图 1-6 所示,则在这个平面上建立的测区平面直角坐标系称为独立平面直角坐标系,这样我们就可以用平面直角坐标来表示地面点的平面位置。

测量中所用的独立平面直角坐标(图 1-7)与数学中的直角坐标稍有不同,如图 1-8 所示。这是因为在测量中南北方向是最容易确定的基本方向,而且确定直线方向的角度都是从纵轴北端开始按顺时针方向计量的,这样的改变并不影响三角公式的应用。

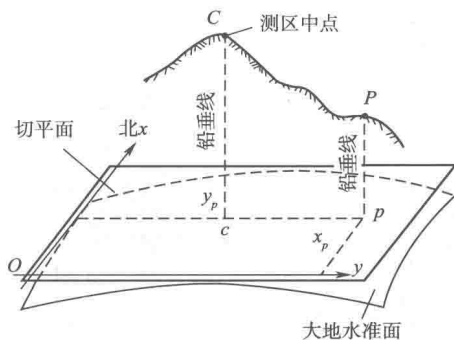


图 1-6 独立平面直角坐标系原理

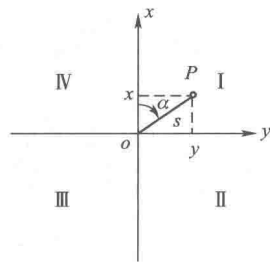


图 1-7 测量独立平面直角坐标

4) 我国的坐标系

自中华人民共和国成立至今,我国先后采用了三套坐标系,如图 1-9 所示,即“1954 北京坐标系”、“1980 西安坐标系”、“2000 国家大地坐标系”。大地点的坐标 x 、 y 为高斯平面直

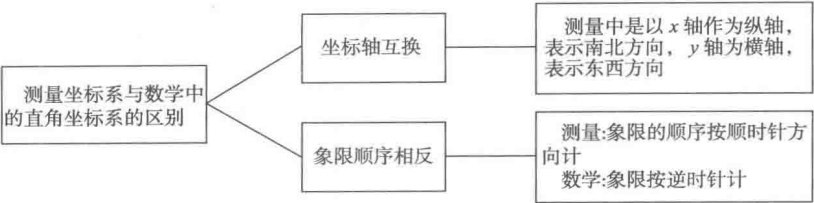


图 1-8 测量坐标系与数学中的直角坐标系的区别

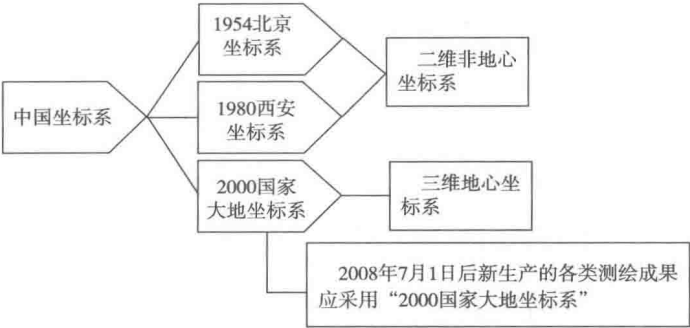


图 1-9 我国的坐标系统

角坐标。

经国务院批准,根据《中华人民共和国测绘法》,我国自 2008 年 7 月 1 日起,启用“2000 国家大地坐标系”,2008 年 7 月 1 日后新生产的各类测绘成果应采用 2000 国家大地坐标系。

“1954 北京坐标系”、“1980 西安坐标系”与“2000 国家大地坐标系”的区别:前两者是二维非地心坐标系,而后者是三维地心坐标系;三者所采用的参考椭球的参数不同。

1.2.2 地面点的高程

1) 基本概念

基本概念见图 1-10。

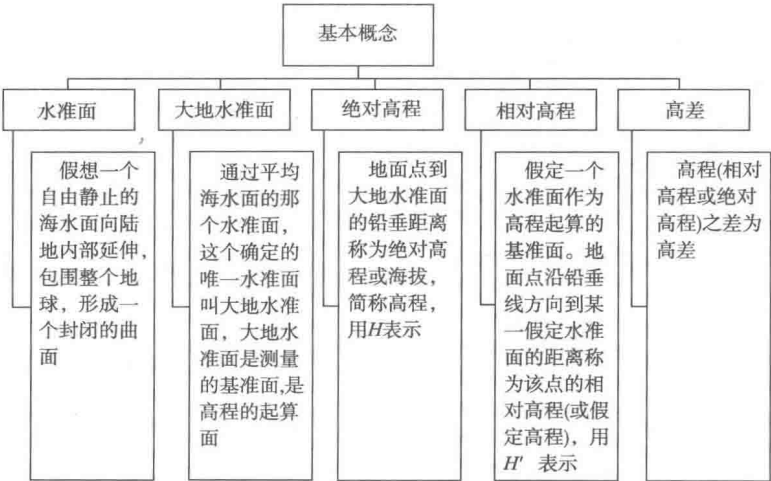


图 1-10 基本概念

2) 高程

地面点到大地水准面的铅垂距离称为绝对高程或海拔,简称高程,用 H 表示。如图 1-11 所示, A 、 B 两点的绝对高程分别为 H_A 、 H_B 。在个别地区,如果引用绝对高程有困难时,可以假定一个水准面作为高程起算的基准面。地面点沿铅垂线方向到某一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。 A 、 B 两点的相对高程分别为 H'_A 、 H'_B 。 A 、 B 两点的高差 $h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$ 。 h_{AB} 表示 B 点相对于 A 点的高程之差(也称为 A 点到 B 点的高差), h_{BA} 表示 A 点相对于 B 点的高程之差(也称为 B 点到 A 点的高差, $h_{BA} = H_A - H_B = H'_A - H'_B$),由此可见, $h_{AB} = -h_{BA}$ 。

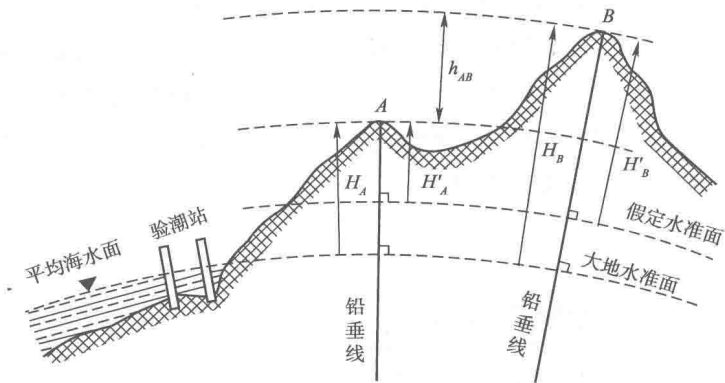


图 1-11 高程和高差

3) 工程测量的三要素

建筑工程测量属于小范围测量,可以把大地水准面看作平面,地面点的空间位置是以地面点在平面直角坐标系中的 x 、 y 和高程 H 决定的。在实际测量中, x 、 y 和 H 的值并不是直接测定的,而是通过测量水平角和水平距离计算求得点位的平面坐标,通过测量点间的高差计算点位的高程。由此可见,水平角度、水平距离和高差是地面点位的三个基本要素。角度测量、距离测量和高差测量是测量的三项基本工作,如图 1-12 所示。

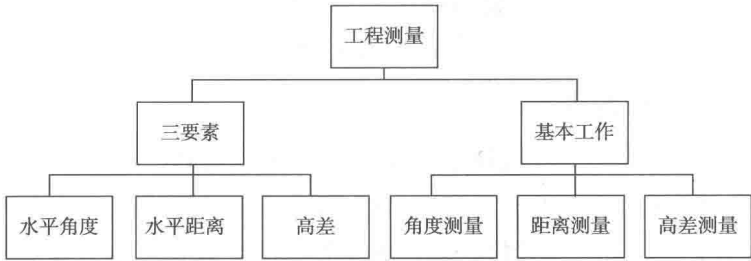


图 1-12 工程测量三要素和三项基本工作

1.3 测量工作概述

1.3.1 测量工作的原则

测量工作应遵循如图 1-13 所示基本原则。

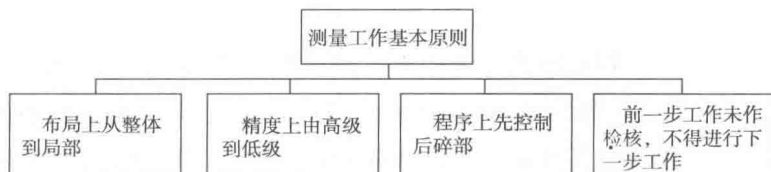


图 1-13 测量工作的基本原则

1.3.2 测量工作的程序

测量工作的程序通常分为两步:第一步为控制测量,如图 1-14 所示,先在测区内选择若干具有控制意义的点 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 作为控制点,用精确的仪器和方法测定各控制点之间的距离以及各控制边之间的水平夹角,再根据起始控制点的已知坐标和起始边的已知方位角计算出其他控制点的坐标,从而确定它们的平面位置。同时还要测出各控制点之间的高差,再根据起始控制点的高程,即可求出其他控制点的高程。第二步为碎部(细部)测量,即根据控制点测定碎部点 P 、 Q 、 R 等的平面位置和高程。

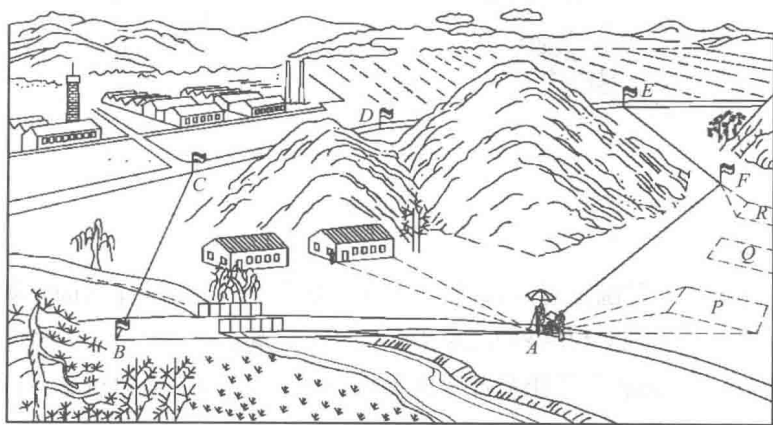


图 1-14 控制测量与碎部测量

由上述可知,当测定控制点的位置有错误时,以其为基础所测定的碎部点位也必然有错误。因此,测量工作必须进行检核工作,以保证测量成果的正确性。

1.3.3 测量工作的基本要求

测量工作的任何差错都会给工程造成不良后果,有的甚至对工程造成巨大的损失,所以保证测量成果质量是测绘工作者的首要职责。为此,野外观测必须按照规范要求进行,不合格的必须重测,内业计算必须做到步步检核。测量成果质量的优劣直接影响某项工程建设设计方案的优劣,也影响整个施工质量的好坏。

对测量工作有以下基本要求:

- (1) 树立“质量第一”的观点。
- (2) 严肃认真、团结协作的工作态度。
- (3) 保持测量成果的真实、客观和原始性。记录应工整、清楚、不准随意涂改。随意涂改

记录是一种违章行为,应坚决杜绝。

(4) 要爱护测量仪器与工具。测量工作的特点是实践性强,对于仪器的操作和施测方法等应该熟练掌握。同时,还要掌握好测量记录、计算和绘图的技能,这样才能顺利完成测量工作的任务,并在工作中获得优良成绩。



【小结】

○○○○○○○

测量工作对于工程而言相当重要,贯穿工程始终的各个环节。测量工作的实质是确定地面点的位置,测量学的理论和实践都是紧紧围绕这一主线展开的。对于一些抽象难懂的内容,读者在学习过程中可以先有初步的认识,随着后续知识的学习和理解能力的提高会逐渐掌握的。对于本项目的学习,应重点掌握测定、测设、水准面、大地水准面、绝对高程、相对高程、独立平面直角坐标系等概念。



【拓展阅读】

○○○○○○○

工程测量学的发展展望

展望 21 世纪,工程测量学在以下九方面将得到显著发展:

(1) 测量机器人将作为多传感器集成系统在人工智能方面得到进一步发展,其应用范围将进一步扩大,影像、图形和数据处理方面的能力进一步增强。

(2) 在变形观测数据处理和大型工程建设中,将发展基于知识的信息系统,并进一步与大地测量、地球物理、工程与水文地质以及土木建筑等学科相结合,解决工程建设中以及运行期间的安全监测、灾害防治和环境保护的各种问题。

(3) 工程测量将从土木工程测量、三维工业测量扩展到人体科学测量,如人体各器官或部位的显微测量和显微图像处理。

(4) 多传感器的混合测量系统将得到迅速发展和广泛应用,如 GPS 接收机与电子全站仪或测量机器人集成,可在大区域乃至国家范围内进行无控制网的各种测量工作。

(5) GPS、GIS 技术将紧密结合工程项目,在勘测、设计、施工、管理一体化方面发挥重大作用。

(6) 大型和复杂结构建筑、设备的三维测量、几何重构以及质量控制将是工程测量学发展的一个特点。

(7) 数据处理中数学物理模型的建立、分析和辨识将成为工程测量学专业教育的重要内容。

综上所述,工程测量学的发展,主要表现在从一维、二维到三维、四维,从点信息到面信息获取,从静态到动态,从后处理到实时处理,从人眼观测操作到机器人自动寻标观测,从大型特种工程到人体测量工程,从高空到地面、地下以及水下,从人工量测到无接触遥测,从周期观测

到持续测量。测量精度从毫米级到微米乃至纳米级。

工程测量学的上述发展将直接对改善人们的生活环境,提高人们的生活质量起重要作用。



【课后习题】

○○○○○○○

1. 测量学的分类:_____、_____、_____、_____、_____。
2. 工程测量的应用:_____、_____、_____、_____、_____。
3. 确定地面点位的参数:_____、_____。
4. 地面点平面位置的表示方法:_____、_____、_____。
5. 测量的三要素:_____、_____、_____。
6. 测量的三项基本工作:_____、_____、_____。
7. 测量工作的程序:_____、_____。



【思考题】

○○○○○○○

1. 工程各阶段测量工作的主要任务是什么?
2. 建筑物建造过程中测量的工序是什么?
3. 简述测量坐标系与数学坐标系的区别。
4. 什么是大地水准面?
5. 绝对高程、相对高程、高差的定义是什么?
6. 测量工作的原则是什么?

项目2 水准测量



【引言】

○○○○○○○○

前面我们已经对测量工作有了初步的了解,在这个项目中我们将重点讲解高程测量的理论和方法。高程测量是测量的三项基本工作之一,而其中最基本的方法就是水准测量。在这里,我们将会详细讲述其原理、外业施测以及内业计算。

【理论目标】

1. 了解水准测量的施测过程。
2. 掌握水准测量原理。
3. 掌握内业数据处理方法。

【技能目标】

1. 熟练掌握水准仪的操作过程。
2. 掌握水准测量外业施测方法。
3. 掌握水准测量内业成果计算和检核。

2.1 高程测量的概念

在测量工作中,地面点的空间位置是利用平面坐标和高程来表示的。测量地面上各点高程的工作称为高程测量。高程测量也是测量的三项基本工作之一。高程测量根据所使用的仪器和施测方法的不同,分为水准测量、三角高程测量、气压高程测量、GPS 测量。

(1) 水准测量:是利用水准仪提供的水平视线读取竖立于两点上水准尺的数值,其差值即为两点的高差值,然后由已知点高程推出未知点高程。这种方法也是最基本、最准确、最常用的方法。

(2) 三角高程测量:是通过测量倾斜视线的垂直角和两点间的平距(或斜距),根据三角学原理算出两点间的高差。这种方法用于地形复杂、高差起伏比较大的地区,测量精度不高。

(3) 气压高程测量:是根据气压和高程成反比的关系,通过气压计测得大气压的变化算出地面点的高程的方法。目前这种方法已不常用。

(4) GPS 测量:是利用 GPS 定位仪通过接收卫星信号测得地面点的高程的方法。

2.2 水准测量

2.2.1 水准测量的基本原理

水准测量的原理是利用水准仪提供的“水平视线”,测量两点间高差,从而由已知点高程推算出未知点高程。

测出高差 h_{AB} 的原理如下:如图 2-1 所示,在 A 、 B 两点上各竖立一把尺子,并在 A 、 B 两点之间安置一架可以提供水平视线的仪器。这种尺子称为水准尺,所用的仪器称为水准仪。

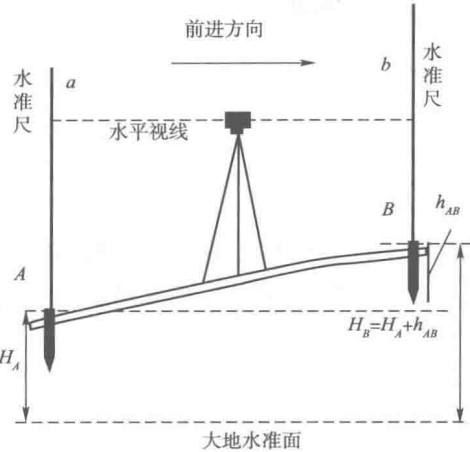


图 2-1 水准测量原理

a -后视读数; A -后视点; b -前视读数; B -前视点

高差 h_{AB} 本身可正可负。由式(2-1)可知,当 a 大于 b 时 h_{AB} 值为正,这种情况是 B 点高于 A 点;当 a 小于 b 时 h_{AB} 值为负,即 B 点低于 A 点。为了避免计算中发生正负符号的错误,在书写高差 h_{AB} 的符号时必须注意 h 的下标小字。例如 h_{AB} 是表示由已知高程的 A 点推算至未知高程的 B 点的高差。

2.2.2 转点、测站

如图 2-2 所示,水准测量是当 A 、 B 两点相距不远的情况,这时水准仪可以直接在水准尺上得到读数,且能保证一定的精度。如果两点间距离较远或者高差较大,安置一次仪器不可能测得其高差时,这时需要加设若干个临时的立尺点,作为传递高程的过渡点,称为转点。每安置一次仪器,称为一个测站。

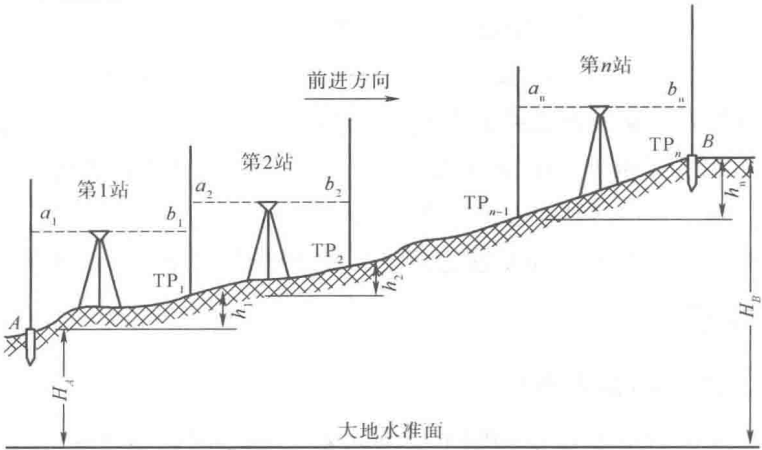


图 2-2 转点、测站(一)

据水准测量的原理,依次连续地在两个立尺中间安置水准仪来测定相邻各点间高差,求和得到A、B两点间的高差值,有

$$h_1 = a_1 - b_1$$

$$h_2 = a_2 - b_2$$

...

则

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + \cdots + h_n = \sum h = \sum a - \sum b \quad (2-4)$$

结论:A、B两点间的高差 h_{AB} 等于后视读数之和减去前视读数之和。

图中 $TP_1, TP_2, TP_3, \cdots, TP_{n-1}$ 点即为转点,必须选在稳定的石头上,如遇土质松软或没有稳定石头的地方,应该放尺垫并踩实,然后将标尺立于尺垫上。在仪器由一测站迁至下一测站时,前视点的尺垫位置不能移动,否则水准测量成果将产生错误。

2.3 水准仪

2.3.1 水准仪的组成

如图2-3所示,水准仪由望远镜、水准器和基座三部分组成。

1) 望远镜

望远镜的主要用途是瞄准目标并在水准尺上读数。它包括物镜、十字丝(上丝、中丝、下丝)、对光透镜和目镜等四个部分,如图2-4所示。

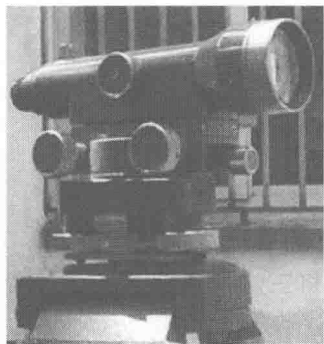


图2-3 DS3 微倾式水准仪

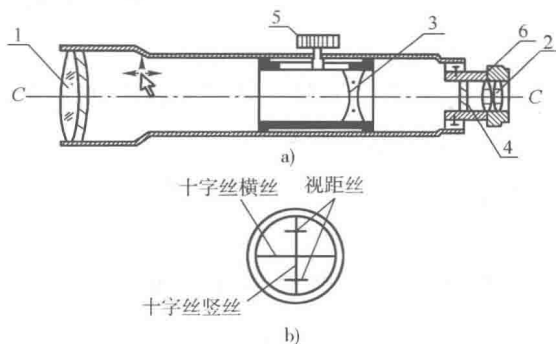


图2-4 望远镜的组成

1-物镜;2-目镜;3-物镜调焦透镜;4-十字丝分划板;5-物镜调焦螺旋;6-目镜调焦螺旋

物镜和对光透镜的作用是使物体在镜筒内十字丝平面上形成一个缩小的倒立实像;目镜的作用是将物体的像放大成为倒立虚像,即起着放大镜的作用;十字丝是照准尺子和读数用的,它是刻在玻璃板上的两条相互垂直的细丝,竖向的一条丝称为竖丝,横向的一条长丝称为横丝(又称中丝),横丝上下还有两条对称的短丝是用来测量距离的。

2) 水准器

水准器有两种:①圆水准器,如图2-5所示,其特点是精度低,用于粗略整平;②水准管,如图2-6所示,其特点是精度高,用于精平。目前多数使用的是自动安平水准仪(图2-7),这种