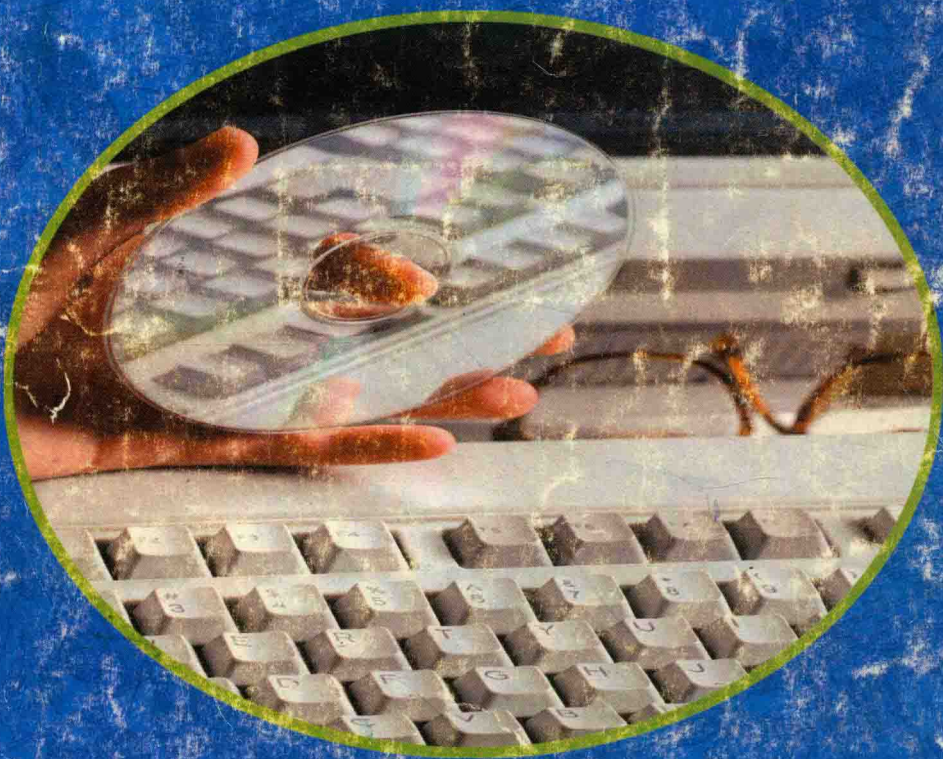


高等学校试用教材

工程测量

GONGCHENGCELIANG

安润莲 郝延锦 主编



山西科学技术出版社

高等学校试用教材

工程测量

安润莲 郝延锦 主编

山西科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程测量/安润莲, 郝延锦主编. —太原: 山西科学技术出版社, 2001.4

ISBN 7-5377-1812-1

I. 工… II. ①安…②郝… III. 工程测量 IV. TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 08220 号

工 程 测 量

高等学校试用教材

工程测量

安润莲 郝延锦 主编

*

山西科学技术出版社出版发行 (太原建设南路 15 号)

太原兴晋科技印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 13 字数: 321.6 千字

2001 年 4 月第 1 版 2001 年 4 月太原第 1 次印刷

印数: 1-1000 册

*

ISBN 7-5377-1812-1

T·330 定价: 27.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与印厂联系调换。

前言

随着我国现代化建设的进行,各种工程建设项目日益增多,如工厂、住宅、桥梁、线路、隧道等的设计、施工和使用对测量的要求越来越严,本书正是应这个需求而编写的。

在编写过程中,根据工科学校工程测量教学大纲的要求,精选内容,参考了有关教材,并收集整理了大量资料。书中对工程测量的基本工作和方法都作了详细的介绍,对各类测量仪器及原理只作了简单叙述,本书的最后还附有最新工程测量规范的部分内容。

本书由山西省阳泉煤炭专科学校安润莲(绪论、第一、二、三、四、五章)、郝延锦(第六、七、八、九章、附录)编写,并请有关专家进行了补充与审校,本书力求理论联系实际,通俗易懂,内容先进,尽量适应各类工程建设和发展的需求。由于编者时间仓促、水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳求读者提出宝贵意见。

编者

王平家

内容提要

本书适用于工业与民用建筑、市政工程、城乡规划、矿冶工程等专业。

本书是根据工科院校工程测量课程的教学大纲编写的，主要强调理论与实践相结合，着重培养学生分析问题和解决问题的能力。全书共分九章，第一章为测量基础知识。第二至四章为施工测量的基本方法，包括工程场地测量、施工放样方法、施工控制网的建立。第五至七章为各种工程施工测量，包括建筑工程测量、线路测量、地下工程测量。第八至九章为工程完工后和使用过程中的测量工作，包括竣工测量和变形观测等。

本书也可作为上述专业的函授大学、职工大学及自学者的教材，并可作为有关专业技术人员参考书。

目 录

绪论	1
第一节 工程测量的任务与作用	1
第二节 新技术在工程测量中的应用	2
第三节 工程测量的发展趋势	2
第一章 基础知识	4
第一节 测量基本知识	4
第二节 距离测量和直线定向	9
第三节 水准测量	13
第四节 角度测量	22
第五节 三角高程测量	31
第六节 视距测量	32
第七节 经纬仪导线测量	33
第八节 地形图的基本知识与应用	38
第二章 场地测量	48
第一节 概述	48
第二节 总平面图的设计程序	49
第三节 总平面图设计对地形图的要求	49
第四节 场地测量的平面与高程控制	51
第五节 测图比例尺与等高距的选择	52
第六节 总平面图测量	54
第三章 测设的基本工作	56
第一节 测设的基本概念	56
第二节 水平距离、水平角和高程的测设	56
第三节 点的平面位置的测设	59
第四节 已知坡度线的测设	61
第四章 工程施工控制网的建立	63
第一节 概述	63
第二节 施工场地的平面控制测量	64
第三节 施工场地的高程控制测量	68
第五章 建筑施工测量	70
第一节 平整场地的测量工作	70
第二节 施工放样的准备工作	73
第三节 民用建筑施工测量	74
第四节 工业建筑施工测量	81

第五节 高层建筑施工测量.....	88
第六节 烟囱施工测量.....	90
第七节 曲线型建筑物的施工测量.....	92
第六章 线路测量.....	98
第一节 概述.....	98
第二节 新建路线初测阶段的测量工作.....	98
第三节 线路定测阶段的测量工作.....	102
第四节 无缓和曲线的圆曲线测设.....	106
第五节 有缓和曲线的圆曲线测设.....	114
第六节 用偏角法测设圆曲线加缓和曲线.....	117
第七节 用切线支距法测设圆曲线加缓和曲线.....	119
第八节 遇到障碍时曲线的测设.....	120
第九节 回头曲线的测设.....	125
第十节 竖曲线.....	127
第十一节 铁路线路施工测量.....	129
第十二节 桥梁施工测量.....	134
第十三节 管道工程测量.....	137
第七章 地下建筑施工测量.....	148
第一节 概述.....	148
第二节 建立地面控制网.....	149
第三节 地面与地下连测.....	150
第四节 地下导线和地下水准测量.....	152
第五节 隧道开挖中的测量工作.....	153
第六节 洞室施工测量.....	155
第七节 竣工图的测绘.....	156
第八章 竣工测量及竣工总平面图的编绘.....	158
第一节 概述.....	158
第二节 竣工测量.....	158
第三节 竣工总平面图的编绘.....	161
第九章 工程建筑物的变形观测.....	164
第一节 概述.....	164
第二节 变形观测的精度要求.....	166
第三节 变形观测平面控制网的建立.....	170
第四节 变形观测高程控制网的建立.....	172
第五节 地面摄影及近景摄影在变形观测中的应用.....	177
第六节 变形观测的成果处理.....	178
附录《工程测量规范》摘录.....	180

绪 论

第一节 工程测量的任务与作用

随着科学技术的进步，工程建设项目不断增加，其内容也日趋复杂。因此，工程建设对测量工作不断提出新的和更高的要求，这就促使测绘科学领域内形成“工程测量”学科。围绕工程建设对测量的需求，这门学科专门研究有关测量的理论、仪器和方法等。

工程测量的内容非常广泛，就其服务对象而言，它包括工业建设测量、铁路公路测量、矿山测量、地下建筑物测量、水利工程测量、输电线路与输油管道测量以及城市建设测量等。这是按工程类型划分的各种测量。由于工程类型不同，各类工程对测量的要求也不同，但其基本原理与基本方法却有许多共同之点。

工程测量是指某项建设工程在勘测设计、施工放样和机械设备安装时的测量工作。按测量工作的先后和作业性质，可分为勘测设计阶段的控制测量和地形测量；施工阶段的放样测量；工程完成后的竣工测量和监视建筑物安全阶段的变形观测。这三个阶段主要有以下主要内容：

1. 勘测设计阶段：建立测图控制网和测绘地形图，对国家控制点和地形测量成果进行分析，为地质、水文勘测所进行的测量工作。

2. 施工放样阶段：建立施工控制网，把图纸上设计好的各种建筑物的平面位置和高程，按不同的精度测设到实地上去。

3. 竣工测量和变形观测阶段：对建成项目进行验收测量，要求将主要厂房墙角、地下管线的转折点、阴井中心、道路交岔点等重要地物细部点用解析法测算出坐标；用水准仪测出厂房室内地坪标高、上下水道管顶、道路中线上变坡点等处的高程。竣工测量的成果主要是编绘竣工总平面图，以及细部点的坐标和高程明细表等。这些图纸资料和数据是施工管理及企业改建、扩建所必需的测绘资料。变形观测是指用测量仪器或专用仪器测定建筑物随时间变形的工作，这项工作在施工过程中就应当在建筑物特征部位埋设变形观测标志，在变形影响范围之外埋设测量基准点，待工程竣工后定期地测量观测标志相对于基准点的坐标差和高程差，从历次观测结果的比较中了解建筑物变形随时间发展的情况。变形观测的内容主要是沉降观测、位移观测、倾斜观测和挠度观测等。变形观测是监视建筑物在各种应力作用下是否安全的重要手段，也是验证设计和改进设计的重要依据。

随着我国现代化建设的发展，必将对工程测量方面提出愈来愈多的生产任务和研究课题。工程测量的项目将愈来愈多，工程规模将愈来愈大，内容将愈来愈复杂，对工程测量工作的速度和精度要求也必将愈来愈高。因此，为满足测量工作的需要，电子计算技术、红外测距技术和激光技术已经广泛地被应用到工程测量领域中来，强烈地改变着传统的测量方法，使测量工作正朝着数据的自动获取、自动记录和自动处理的方向发展。

第二节 新技术在工程测量中的应用

一、计算机技术的发展

内业工作即是指数据处理, 相对的是数据

电子计算机的应用, 使人类生活的各个领域, 其中包括工程测量的计算工作都发生了巨大的变革。以往测量的计算工作采用手摇计算机进行, 因而在内业计算工作上花费了大量的人力、物力和时间。如今, 这些工作几乎全部为电子计算机所代替, 而由此产生的高效率是空前的。

电子计算机不仅应用于工程测量的数据处理, 而且也普遍用于现代化的数据采集设备(全站仪、数字水准仪、测距仪和卫星定位系统等)本身的计算、控制和管理。计算机除具有数值计算的功能外, 还具备信息处理的功能, 并且随着计算机技术的迅速发展而日益完善。其应用受到社会的普遍重视, 各种数据库应运而生, 并在此基础上形成大型的信息系统, 如GIS(地理信息系统)成为各种领域中信息管理、分析、决策的重要工具。

二、测距仪、全站仪在工程测量中的应用

随着科学技术的飞速发展, 测量仪器向着自动化、电子化和智能化的方向发展, 如测距仪、全站仪已在工程测量中得到广泛应用。

三、GPS 卫星定位技术的发展

GPS 卫星定位技术可以连续实时地提供高精度的空间位置, 在测量中有着广泛的应用, 使测量工作更加轻松。

四、激光仪器在测量中的应用

激光测量仪器也在广泛应用, 如激光铅垂仪在铅垂方向可提供激光束, 可用于高层建筑、烟囱、高塔以及电梯施工中的垂直定位等。

第三节 工程测量的发展趋势

工程测量技术的发展是与当代各种新技术的应用是分不开的。其发展趋势将表现在下列几个方面:

一、优化设计

过去的测量设计是凭测量人员的生产经验和规范要求直观地进行。随着计算技术的不断更新, 完全可能在概率论、数理统计及现代最小二乘平差理论的基础上进行合理的测量设计方案, 即根据精度指标、经济因素、可靠程度及可检验性四个准则选择最优方案。

二、研究工程实地放样和施工的新方法

对于工程施工与设备安装中的细部放样来说, 主要是广泛应用激光技术, 既能提高放样精度, 又能加快施工进度。在施工测量中所用的激光仪器有以下四类: (1) 激光水准仪, 利用置平设备将激光束置平, 用以传递高程; (2) 激光经纬仪, 代替望远镜的功能, 用以定位或导向; (3) 激光垂直投影仪, 用于施工或安装测量中垂直向上或向下进行垂直投影; (4) 激光准直仪, 主要用于高精度的直线定向等。

三、变形观测的自动化

随着现代化建设的发展，高大建筑物愈来愈多，对变形观测的精度要求也愈来愈高。由于变形观测要求作业时间短，提供成果快，再加上作业环境狭窄，因此，宜采用局部或全部自动化设备。自动化测量可以远距离操纵，从而可避免放射线的辐射，高温和机械干扰的影响。由于变形观测的自动化，不仅能提高效率，还能获取连续性的资料成果。

四、测量成果的数学处理

这是自动制图中的一个重要环节，包括对制图信息的存贮、选取、分析、加工和输出等操作。可以利用电子计算机和自动绘图机，最后绘出平面图、剖面图或其他专用图等。

五、摄影测量在工程测量中的广泛应用

用航空摄影测量的方法绘制大比例尺地形图，为工程的规划设计提供图纸资料将继续得到发展。另外，利用近景摄影测量方法测定大型工程结构物的位移和变形将得到进一步应用。

习 题

1. 什么是工程测量？它包括哪几个阶段？各阶段主要内容是什么？
2. 工程测量中应用的新技术有哪些？
3. 工程测量的发展趋势如何？

第一章 基础知识

第一节 测量基本知识

一、地球的形状和大小

地球表面不是平滑的球面，而是有着高山、平原、海洋、深谷等的起伏，但这些起伏对地球来说是很微小的。此外，地球上海洋面积约占整个地球表面的 71%，而大陆仅占 29%，因此地球的总形状可以认为是被静止的海水面所包围的表面平滑的球体。

静止的海水面所形成的曲面有一个特点，就是过这个曲面上的任何一点所作的铅垂线，在该点均与曲面成正交。凡满足这个条件的曲面，就称为水准面。由此可知，这样的水准面可以有无穷多个。与水准面相切于一点的平面称为水平面，水平面内任何方向的直线称为水平线，如图 1-1 所示。

把水准面无限扩展开来，就形成一个闭合曲面，在无限多个闭合水准面中，有一个通过静止的平均海水准面的水准面，称为大地水准面。

用大地水准面代表地球的总形状是很恰当的，但由于地球内部质量分布不均，使铅垂线的方向变化没有一定的几何规则，因而使大地水准面成为一个极复杂的曲面，实际上无法求得。因此，为了计算和绘图的方便，目前我们采用接近于大地水准面的几何面来代表地球的形状，这个面称为旋转椭圆体面或称为地球椭圆体面。它的形状和大小可由长半径 a 和短半径 b 或由一个半径 a 及扁率 α 来决定。 α 用下式计算

$$\alpha = \frac{a-b}{a}$$

式中： a 、 b 、 α 称为地球椭圆体元素。

我国 1980 年以后采用的数值为： $a = 6378140\text{m}$ ，

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.257}$$

由于地球椭圆体的扁率很微小，故在一般的测量工作中，我们可以认为地球是一个圆球，它的半径为 6371km。

二、地面点位置的表示方法——坐标和高程

测量中的主要工作是测定地面点的位置，地面点的位置是用坐标和高程表示的。

1. 坐标

坐标有地理坐标和平面直角坐标。地面上一点的位置如果用经纬度来表示，则称为该点



图 1-1

的地理坐标。测量上一般采用平面直角坐标来表示点的位置。

平面直角坐标。在小范围测区内，可以把地球表面当作平面看待。在这种情况下，地面点的位置可用平面直角坐标表示。其表示方法和数学中的平面直角坐标有些不同。如图 1-2 所示，测量上将南北方向的坐标轴定为 x 轴，东西方向为 y 轴，测量上的 I、II、III、IV 象限也是和数学上的象限顺序相反。这样的变换可以不改变数学公式，又便于测量上的应用。地形图上的平面直角坐标是按测量上的方法表示的，但初学者往往将它和数学上的坐标混在一起，因此应引起注意。

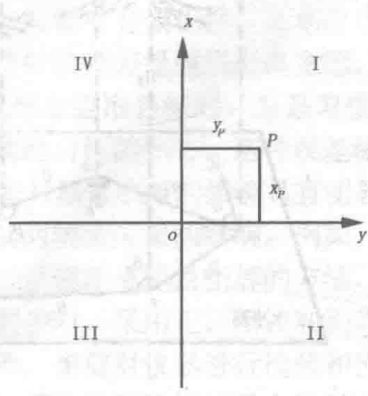


图 1-2

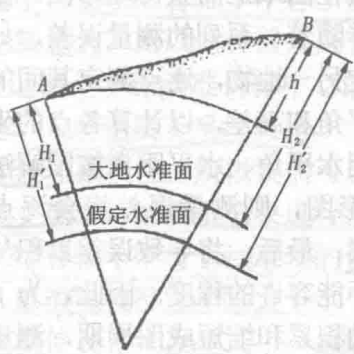


图 1-3

2. 高程

(1) 绝对高程

为了完全确定地面一点的位置，除坐标外，还须测定该点的高程。从一点至大地水准面的铅垂距离称为该点的绝对高程（或称海拔，也称标高）。两点间的高程差称为高差。如图 1-3 所示， H_1 、 H_2 分别为 A、B 两点的绝对高程， h 为 A、B 两点的高差，则：

$$h = H_2 - H_1$$

为了统一全国的高程系统，我国选定了青岛“黄海平均海水面”作为起算绝对高程的基准面。如我国测定的珠穆朗玛峰的绝对高程为 8848.13m，此数就是该峰峰顶到黄海平均海水面的铅垂距离。

(2) 假定高程

有时为了临时需要，一点的高程可以从任意假定的水准面算起，这个水准面称为假定水准面。从一点到假定水准面的铅垂距离称为该点的假定高程（也称相对高程），如图 1-3 中 H'_1 、 H'_2 为 A、B 点的假定高程，利用假定高程同样也可计算两点的真正高差，在实际工作中，假定高程也是经常用到的。

三、测量工作概述

如前所述，测量工作的实质是确定地面点的位置。点的平面位置和高程是以 x 、 y 和 H 表示的。但是 x 、 y 、 H 的值不能直接测定，必须通过测量基本工作，测出点位关系的基本元素，从而推算出 x 、 y 、 H 的值。

1. 测量的基本工作

如图 1-4 所示，欲确定地面图形 A、B、C、D、E 的平面位置，应先测定各边的水平距

离和与邻边之水平角，以及 AB 边与北方的夹角 α ，同时假定 A 点的坐标 x_a 、 y_a ，则可用图解法或解析法描绘出该图形的平面位置。如果再测定相邻点间的高差 h ，就可由 A 点高程推算出其余各点的高程 H_B 、 H_C 、 H_D 、 H_E ，则地面点 A 、 B 、 C 、 D 、 E 的空间位置便完全确定了。因此，水平距离、水平角和高差是确定地面点位关系的基本元素。高程测量、角度测量和距离测量是测量的基本工作。

2. 测量工作的基本原则

测绘地形图时，要测定许多碎部点（地物、地貌的特征点）的平面位置和高程，再按比例尺缩绘在图纸上而获得地形图。由于测量工作会伴随着一系列的测量误差，如果由一地物测定另一地物，逐点测定其间的水平距离、水平角和高差，以计算各点的坐标和高程；或用水平角、水平距离按图解法逐点缩绘成地形图，则测量误差将会逐点传递，逐渐积累，最后，将导致误差累积与图形变形达到不能容许的程度。因此，为了避免测量误差的积累和缩短成图周期，测量工作必须遵循“从整体到局部”，“先控制后碎部”的程序进行施测。如图 1-4 所示，先在

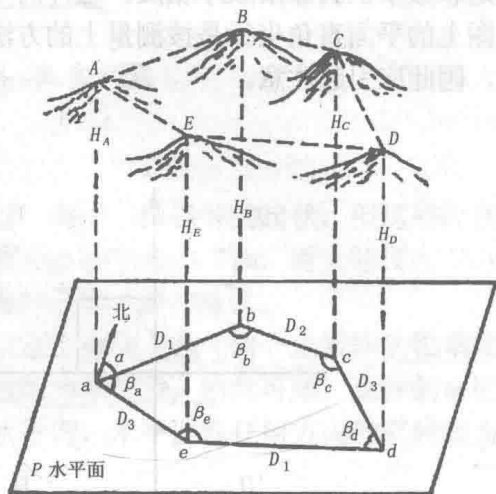


图 1-4

测区内统一选定若干起控制作用的点，如 A 、 B 、 C 、 $\dots$ 、 M 点，组成多边形（或三角形），再用比较精密的仪器和方法测定其间的水平距离、水平角和高差，以推算点的 x 、 y 和 H ，并展绘在图纸上；然后以这些控制点为基础，测定其周围碎部点与控制点之间关系的基本几何元素，并按图解法缩绘于图纸上面而成地形图。

上述“从整体到局部”，“先控制后碎部”的测量工作程序，是测量工作的基本原则。无论是地形图测绘还是施工测量工作，都必须遵循这一基本原则。

四、测量误差的基本知识

1. 测量误差的来源和种类

在任何测量中，无论使用的仪器如何精密，观测者如何细致地进行工作，最后仍不能得到绝对正确的测量成果，测量成果中总是不可避免地会出现误差。例如观测一个平面三角形的内角，其和不等 180° ；又如两次测量同一角度，往返测量两点的高差，其结果往往不一致等等。

(1) 测量误差的来源

测量过程中，不可避免的会产生误差，其来源是多方面的，归纳起来主要有三个方面：

1) 测量仪器误差：仪器本身无论怎样精密，都不可能绝对完美无缺，所以总会给观测结果带来误差。

2) 观测误差：由于观测者感觉器官的鉴别能力所限，所以在瞄准、读数等方面都会产生误差。

3) 外界条件的影响：如气温、湿度、风、大气折光等自然条件的影响，也会使测量结果包含误差。

(2) 测量误差的种类

测量误差按其性质的不同,可分为系统误差和偶然误差两类:

1) 系统误差

在相同观测条件下,作一系列的观测,如果出现误差,在符号和数值上都具有规律性的变化或保持为一常数,这种误差就称为系统误差。系统误差一般具有累积性。

系统误差产生的主要原因之一是由于仪器的构造不够完善所致。例如,一支 30m 的钢尺,其长度和标准尺比较相差 1 mm,如果用该尺去丈量 300m 的距离,则会产生 10mm 的误差,丈量 600 m 的距离就会产生 20mm 误差。这种误差与所丈量的距离成正比,而且在观测过程中保持一定的常数并有累积性。又如在水准测量中,当水准管轴不平行于视准轴时,对水准尺的读数所产生的误差是视线距离愈远,误差也就愈大,所以这种误差具有规律性的变化。此外,有的观测者瞄准目标时,总是习惯于把望远镜十字丝瞄准目标中心的某一侧,而不能准确无误地瞄准目标的中心,这种误差称为人差,人差也属于系统误差。

由于系统误差对测量成果的影响具有明显的规律性和累积性,所以我们可以采取措施,消除或尽量减少其对测量成果的影响。例如,在距离丈量中,对测量成果进行尺长改正;水准测量中采用前、后视距离尽量相等的方法,消除水准管轴不平行于视准轴的误差对高差的影响。用经纬仪测角时,采用正、倒镜观测的方法,以消除视准轴不垂直于水平轴的误差对测角的影响。另外,事前对仪器进行检验和校正,也能使其系统误差减小。总之,通过采取各种相应措施,把系统误差降低到最小的限度。

2) 偶然误差

在相同的条件下作一系列观测,如果有误差出现,从表面上看,在符号和数值上都没有什么规律性,既不累积,也不为常数,而在方向上可正可负,在数值上可大可小,这种误差我们称为偶然误差。例如,在角度测量中用望远镜瞄准目标时,产生的瞄准误差;在水准测量中瞄准水准尺,估读毫米数的误差都属于偶然误差。

偶然误差和系统误差,在观测过程中通常是同时发生的。但是,由于系统误差遵循着一定的规律出现,所以总是可以设法消除或大大减小其影响,而偶然误差则不能完全消除,只能靠改良仪器,提高观测技术水平,改进测量方法,缩小其影响。因而决定观测成果的基本因素,主要在于偶然误差,故这里所讨论的测量误差均系指偶然误差而言。至于测量中出现的错误,不属于误差范围,在工作中应绝对避免,只要观测者认真负责,采取重复测量的办法,可以及时发现,并加以消除。

2. 偶然误差的特性

既然测量成果质量的好坏,主要受偶然误差的影响,为了提高观测成果的质量,必须尽量设法缩小偶然误差的影响,这就需要我们很好地研究偶然误差的特性,并找出其发生的规律性。

如上所述,偶然误差从表面上看,在符号上和数值上都没有什么明显的规律性。当观测次数很多,偶然误差的个数很多时,则呈现出统计学上的规律性。而且偶然误差个数愈多,这种规律就愈明显。

为了研究偶然误差的特性,人们作了很多次测量上的实验,所得结论如下:

- 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) 绝对值小的误差比绝对值大的误差出现的机会要多。
- 3) 绝对值相等的正误差和负误差出现的机会相等。

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。

3. 衡量精度的指标

测量的任务不仅要求得出未知量的大小，而且必须确定一组观测值中每一个观测值及测量的最后成果（最或是值）的精度，也就是必须检查观测成果的质量。如前所述，测量成果的精度是以误差的大小来评定的。误差愈小，精度愈高；反之误差愈大，精度就愈低。为了衡量精度，测量上采用了中误差、相对中误差和极限误差作为衡量精度的标准。

1) 中误差。在相同的观测条件下，对同一未知量进行多次观测，各个真误差平方的平均值，再取其平方根，称为中误差，以 m 表示。即：

$$m = \pm \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}}$$

式中： Δ ——为真误差；

n ——观测次数。

平均值 ± 中误差

2) 相对误差

中误差虽为衡量精度的最好标准，但有时仅用中误差还不能比较出观测值质量的好坏来。例如，分别丈量了两段不同的距离，一段为 100m，其中误差为 1cm，另一段为 200 m，其中误差亦为 1 cm。如果仍用中误差，就不能比较出两者精度的高低。因此，必须用相对误差（或称相对中误差）来衡量精度。

相对误差就是中误差的绝对值与相应的观测值之比，并用分子等于 1 的公式表示：

$$f = \frac{|m|}{l} = \frac{1}{\frac{l}{|m|}}$$

式中： f ——相对误差；

m ——中误差；

l ——观测长度。

$f = \frac{\text{中误差}}{\text{平均值}}$

3) 极限误差（容许误差）

根据偶然误差的第一个特性，在一定的观测条件下，偶然误差的绝对值不会超过一定界限，其中最大的偶然误差就称为极限误差（或称容许误差）。在测量工作中，如果观测值的偶然误差超过这个极限误差，我们就认为该观测值不合格，应舍去不用，所以极限误差也是衡量精度的一个标准。根据大量实验证明，大于两倍中误差的偶然误差个数占总数的 5%，大于 3 倍中误差的偶然误差个数只占总数的 0.3%。由此可见，大于 3 倍中误差的偶然误差是极少数的，因此，测量上常取 3 倍中误差作为极限误差。即：

$$\Delta_{\text{容}} = 3m$$

在严格要求的情况下，则采用两倍中误差作为极限误差，即：

$$\Delta_{\text{容}} = 2m$$

第二节 距离测量和直线定向

一、距离测量

距离测量是测量的基本工作之一。所谓两点间的距离，就是指两点间的水平距离，即两点投影在水平面上的距离。量距工作的程序是：标志地面点、直线定线和测量距离。

1. 标志地面点

进行任何测量工作都必须首先在地面上标志一些点。标志可分为临时性和永久性两种。如为临时性的，可采用木桩打入地内，桩顶钉用小钉，以表示该点的位置。如果为永久性的，则可以用水泥桩或石桩代替。

为了便于观测，在临时性标志上可树立标杆（花杆），在永久性的标志上一般需架设木制的或钢制的觇标，测量标志决不允许任意破坏。

2. 直线定线

在进行直线丈量时，如果丈量的距离比尺子长，也就是用尺子一次不能量完，这就需要在两点间的直线上用标杆设立一些临时性的点，这一工作称为直线定线。直线定线可用仪器完成，如精度要求不高，也可用目估法定线。

3. 钢尺量距

直线丈量的工具有钢卷尺、布卷尺（皮尺）、测绳、测距仪等，主要辅助工具有测钎，标杆等，如图 1-5 所示。

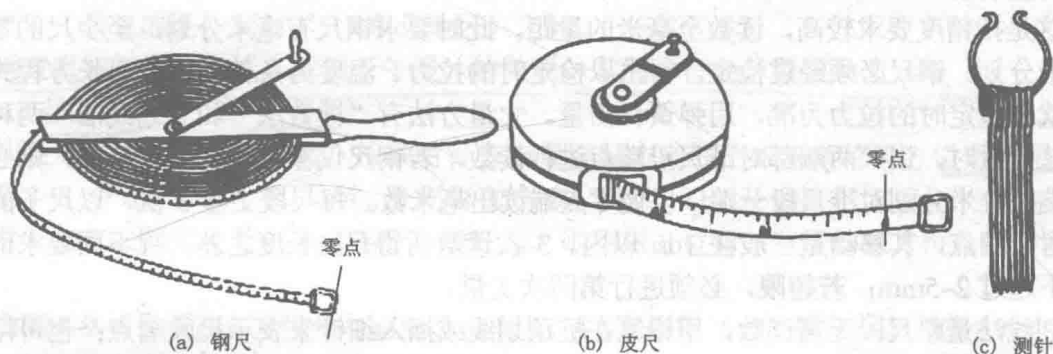


图 1-5

定线完毕后，可进行量距。下面简述用钢尺丈量距离的方法。

(1) 在平坦地面上丈量距离时，可把尺子平放在地面上进行。丈量至少往返各一次，以检查测量有无错误及精度是否符合要求。一般规定，较差应不大于 $1/2000$ （往返两次丈量结果之差与两点间往返测得平均距离之比），在量距困难地区，较差应大于 $1/1000$ 。如精度满足要求，则可取其平均值作为丈量的最后结果。

(2) 在倾斜地面上量距

1) 斜量法。如图 1-6 所示，如要得到直线 AB 的水平距离 l ，可先沿地面丈量倾斜距离 L 及观测直线 AB 的倾斜角 δ ，则

$$l = L \cos \delta$$

如果是测了两点间的高差 h ，则由图 1-6 可知：

$$l = \sqrt{L^2 - h^2} = L \sqrt{1 - \left(\frac{h}{L}\right)^2} = L - \frac{h^2}{2L} - \frac{h^4}{8L^3} \dots$$

当高差 h 相对水平距离 l 不大时，可以略去 2 次以上各项，则有：

$$l = L - \frac{h^2}{2L} = L + \Delta l$$

式中： Δl 是按高差计算的倾斜改正数永远是负值。

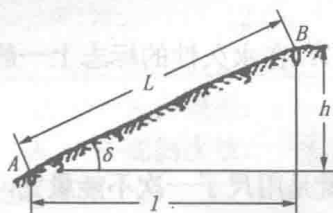


图 1-6

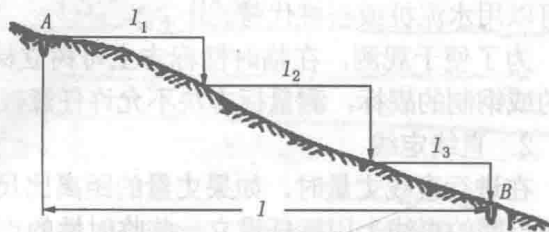


图 1-7

2) 平量法。如果直线的倾斜角较小，可以将钢尺放在水平位置丈量，如图 1-7 所示。丈量时，将尺子一端抬高，用目估使尺子成水平，并用垂球或标杆将尺子的端点投到地面上。

3) 精确量距

这是指精度要求较高，读数至毫米的量距，此时要求钢尺有毫米分划，至少尺的零点端有毫米分划。钢尺必须经过检定，得出以检定时的拉力、温度为条件的应有尺长方程式。丈量时就以检定时的拉力为准，用弹簧秤衡量。丈量方法有“读数法”和“划线法”两种。用读数法丈量时，钢尺两端都对准尺段端点进行读数，若钢尺仅零点端有毫米分划，则必须用尺末端某分米分划对准尺段一端，以便零点端读出毫米数。每尺段丈量 3 次，以尺子的不同位置对准端点，其移动量一般在 1dm 以内。3 次读数所得尺段长度之差，视不同要求而定，一般不超过 2~5mm；若超限，必须进行第四次丈量。

划线法量整尺段无需读数，用铅笔在桩顶划线或插入细针来表示尺段端点；也可用有 3 个尖脚的小铁片，丈量时将小铁片踏入丈量方向的地面上，铁片表面用粉笔涂色，当拉力稳定且后尺端正好对准零点时，前司尺员可用小刀或尖铅笔在此小铁片上划线，其零尺段要用读数的方法量出余长。

较精确的钢尺出厂时必须经过检定，其长度用尺长方程式表示，它的一般形式为：

$$l_t = l + \Delta l + \alpha \times l(t - t_0)$$

式中： l_t ——钢尺在温度 t 时的实际长度；

l ——钢尺上所刻注的长度，即名义长度；

Δl ——尺长改正数，即钢尺在 t_0 温度时的改正数；

α ——钢尺的膨胀系数，一般钢尺当温度变化 1°C 时，其值约为 $11.6 \times 10^{-6} \sim 12.5 \times 10^{-6}$ ；

t_0 ——钢尺检定时的温度；

t ——钢尺使用时的温度。