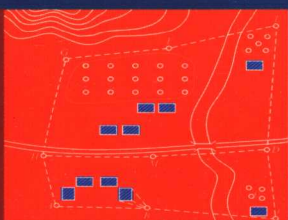




普通高等教育“十一五”国家级规划教材



工程测量

Engineering Geodesy

宁永香 主编 ■

煤炭工业出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工 程 测 量

主编 宁永香

参编 陈胜华 穆满根

从第胜 崔建国

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

工程测量/宁永香主编. —北京: 煤炭工业出版社,
2007. 10

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5020-3153-4

I. 工… II. 宁… III. 工程测量-高等学校-教材
IV. TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 108244 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 15¹/₂

字数 362 千字 印数 1—3,000

2007 年 10 月第 1 版 2007 年 10 月第 1 次印刷

社内编号 5954 定价 35.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

内 容 提 要

本书主要介绍了测量的基本知识、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、测量误差基本知识、小地区控制测量、大比例尺地形图的测绘、地形图的应用、施工测设的基本方法、工业与民用建筑施工测量、道路和桥梁施工测量、建筑物变形观测、测绘新技术和新方法等内容，并安排了一定的实验内容及思考题与习题。

本书可作为高职高专院校工程管理、工民建、土木工程、地质勘察、矿井建设、环境工程、水利工程、城乡规划和市政工程等专业的教材，也可作为给水排水和供热与通风等专业的教材，还可作为广大工程技术人员的参考书。

前 言

本书是根据高等职业技术教育和专科教育的培养目标与教学大纲要求，结合几十年来教学、测绘生产实践经验和当前现代测绘技术编写的。

本书在内容上注意体现概念准确、方法简单、注重实用的专科特点，基本理论以“必需、够用”为度，注重实践，并着重培养学生分析与解决实际问题的能力。本书的内容与组织结构力求贴近工程实际、适应工程需要、反映工程技术发展趋势，在兼顾传统方法的同时，引进新技术、新方法，以满足生产岗位对工程类高技能人才素质培养的需要。

本书由阳泉职业技术学院和淮南职业技术学院联合编写，宁永香任主编。各章参编人员为宁永香（第1、5、6、12章及附录A、B），陈胜华（第3、8、10章），穆满根（第2、4、9章），从第胜（第7、11、13章），崔建国（附录A、附录B）。在编写过程中得到了众多同行和同事的支持，在此表示衷心的感谢！

由于编者业务水平有限，书中难免会存在一些缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 者

2007年9月

目 次

1 绪论	1
1.1 测量学概述和工程测量的任务	1
1.2 地面点位的确定	2
1.3 用水平面代替水准面的限度	6
1.4 测量工作概述	7
思考题与习题	10
2 水准测量	11
2.1 水准测量的基本原理	11
2.2 水准测量的仪器和工具	12
2.3 DS ₃ 型微倾式水准仪的使用	13
2.4 水准测量的外业测量	15
2.5 水准测量的内业计算	19
2.6 水准仪的检验与校正	21
2.7 水准测量的误差及其注意事项	23
2.8 自动安平水准仪、精密水准仪和电子水准仪	24
思考题与习题	25
3 角度测量	27
3.1 水平角和竖直角测量原理	27
3.2 光学经纬仪的构造与使用	28
3.3 水平角测量	33
3.4 竖直角测量	37
3.5 光学经纬仪的检验与校正	39
3.6 角度测量的误差及注意事项	42
3.7 电子经纬仪和激光经纬仪	44
思考题与习题	46
4 距离测量与直线定向	48
4.1 地面点的标定与直线定线	48
4.2 钢尺量距的一般方法	49
4.3 钢尺量距的精密方法	52

4.4	直线定向	54
4.5	视距测量	57
4.6	光电测距简介	59
	思考题与习题	60
5	测量误差的基本知识	62
5.1	测量误差概述	62
5.2	评定精度的指标	64
5.3	误差传播定律及其应用	65
5.4	用观测值的改正数计算中误差	69
	思考题与习题	70
6	小地区控制测量	71
6.1	概述	71
6.2	导线测量外业	72
6.3	导线测量内业计算	75
6.4	交会定点	82
6.5	高程控制测量	83
	思考题与习题	86
7	大比例尺地形图基本知识与测绘	89
7.1	概述	89
7.2	地物符号	91
7.3	地貌符号	93
7.4	测图前的准备工作	97
7.5	经纬仪测图	98
7.6	地形图的拼接、检查与整饰	102
	思考题与习题	103
8	大比例尺地形图的应用	105
8.1	地形图的识读	105
8.2	地形图应用的基本内容	105
8.3	地形图在工程设计中的应用	107
	思考题与习题	113
9	施工测设的基本方法	115
9.1	施工测量概述	115
9.2	测设的基本工作	116
9.3	测设点位的方法	120

9.4 已知坡度线的测设	122
思考题与习题	124
10 工业与民用建筑施工测量	125
10.1 建筑施工场地的控制测量	125
10.2 民用建筑施工测量	130
10.3 工业建筑施工测量	135
10.4 高层建筑物施工测量	141
10.5 烟囱、水塔施工测量	144
10.6 管道施工测量	146
10.7 激光垂准仪的应用	150
10.8 竣工总平面图的编绘	151
思考题与习题	152
11 道路和桥梁施工测量	154
11.1 道路中线测量	154
11.2 圆曲线测设	158
11.3 带缓和曲线的圆曲线测设	162
11.4 道路纵横断面测量	165
11.5 道路施工测量	168
11.6 桥梁施工测量	172
11.7 隧道施工测量	175
思考题与习题	182
12 建筑物的变形观测	183
12.1 变形观测概述	183
12.2 建筑物的沉降观测	184
12.3 建筑物的倾斜观测	187
12.4 建筑物的裂缝与位移观测	188
思考题与习题	189
13 测绘新技术和新方法	190
13.1 全球定位系统(GPS)简介	190
13.2 地理信息系统(GIS)简介	194
13.3 摄影测量与遥感简介	197
13.4 全站仪的使用	201
思考题与习题	205

附录 A 实验内容.....	206
附录 B 《工程测量规范》摘录	217
参考文献.....	238

1 绪 论

本章提要：本章主要介绍工程测量的基本任务，简要概述地球的形状和大小的概念及研究方法，重点讲述测量常用坐标系及地球表面点位置的确定方法及测量原理，分析用水平面代替水准面的限度。

1.1 测量学概述和工程测量的任务

测量学是研究地球的形状、大小和地表（包括地面上各种物体）的几何形状及其空间位置的科学。它的内容包括测定和测设两部分。测定是指使用测量仪器和工具，通过测量和计算得到一系列的数据，再把地球表面的地物和地貌缩绘成地形图，供规划设计、经济建设、国防建设和科学研究使用。测设是指将图上规划设计好的建筑物、构筑物位置在地面上标定出来，作为施工的依据。

测量学按照研究对象及采用的技术的不同，又分为多个学科，如：

大地测量学——研究地球的形状和大小，解决大范围地区的控制测量和地球重力场问题。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。

摄影测量学——研究利用摄影或遥感技术获取被测物体的信息，以确定物体的形状、大小和空间位置的理论和方法。由于获得相片的方式不同，摄影测量又分为航空摄影测量、水下摄影测量、地面摄影测量和航天遥感等。

海洋测量学——以海洋和陆地水域为研究对象，研究港口、码头、航道及水下地形测量的理论和方法。

工程测量学——研究各种工程在规划设计、施工放样、竣工验收和运营中测量的理论和方法。

地图制图学——研究各种地图的制作理论、原理、工艺技术和应用的一门学科。研究内容主要包括地图编制、地图投影、地图整饰、印刷等。现代地图制图学正向着制图自动化、电子地图制作及地理信息系统方向发展。

工程测量是测量学的一个组成部分，它包括建筑工程在勘测设计、施工建设和运营管理阶段所进行的各种测量工作。它的主要任务是：

(1) **测绘大比例尺地形图** 把将要搞工程建设地区的各种地物（如房屋、道路、铁路、森林植被与河流等）和地貌（地面的高低起伏，如山头、盆地、丘陵与平原等）通过外业实际观测和内业数据计算整理，按一定的比例尺绘制成各种地形图、断面图，或用数字表示出来，为工程建设的各个阶段提供必要的图纸和数据资料。

(2) 建筑物或构筑物的施工放样 将图纸上设计好的建筑物或构筑物,按照设计与施工的具体要求在实地标定出来,作为施工的依据。另外,在建筑施工和设备的安装过程中,也要进行各种测量工作,以配合指导施工,确保施工和安装的质量。

(3) 竣工总平面图的绘制 为了检查工程施工、定位质量等,在工程竣工后,必须对建(构)筑物、各种生产生活管道等设施,特别是对隐蔽工程的平面位置和高程位置进行竣工测量,绘制竣工总平面图。为建(构)筑物交付使用时的验收,以及以后的改建、扩建和使用中的检修提供必要资料。

(4) 建筑物的沉降、变形观测 在建筑物施工和运营阶段,为了监测其基础和结构的安全稳定状况,了解设计施工是否合理,必须定期地对其位移、沉降、倾斜以及摆动进行观测,为鉴定工程质量、工程结构和地基基础研究以及建筑物的安全保护等提供资料。

由此可见,测量工作贯穿于工程建设的全过程,其工作质量直接关系到工程建设的速度和质量。因此,从事工程建设的科技人员,必须掌握一定的测量知识和技能。

本书主要介绍各类测绘仪器的使用、基本的测绘方法和手段、建筑物的施工放样技术和建筑物变形观测等内容。学习本课程的基本要求有以下方面:

- (1) 掌握工程测量的基本理论、基本知识和基本技能。
- (2) 了解常用测量仪器的构造与组成,重点掌握仪器的使用与基本操作方法。
- (3) 掌握本专业要求的相关测量技术与方法。
- (4) 基本掌握大比例尺地形图的测绘过程。
- (5) 了解测绘新技术、新方法和新仪器。

1.2 地面点位的确定

1.2.1 地球的形状和大小

测量工作是在地球表面上进行的,测量成果又需要归算到一定的平面上才能进行计算与绘图,因此首先应当对地球的形状和大小有所了解。地球自然表面高低起伏,是一个表面形状极不规则的球体,如世界上最高点是我国的珠穆朗玛峰,它高出海面8 844.43m;最低点是太平洋中的马里亚纳海沟,深达11 022m。地球表面有陆地和海洋,其中陆地约占29%,海洋约占71%,因此我们可以把地球总的形状看做是被海水包围起来的球体,也就是设想有一个静止的海水面延伸穿过大陆和岛屿后形成闭合曲面。把这个封闭的曲面称为水准面,水准面有无数多个,其中通过平均海水面的水准面叫做大地水准面,它是一个封闭曲面,并处处与铅垂线垂直,它所包围的地球形体称为大地体。过水准面上任意一点与水准面相切的平面称为水平面。由于地球内部质量分布不均匀引起铅垂线方向的变化,使大地水准面成为一个十分复杂而又不规则的曲面,在这个曲面上是无法进行数学计算的。在实用上,常用与其逼近的地球椭球体的表面代替大地水准面,以便把测量结果归算到地球椭球体上进行计算和绘图。

地球椭球体面是一个数学表面,它与大地水准面不完全一致,有的地方稍高一些,有的地方稍低一些,但其差数一般不超过 $\pm 150\text{m}$ 。地球椭球体的形状和大小,由长半轴 a 、短半轴 b 和扁率 α 来表示。我国1980年以后采用的数值为

$$a = 6\,378\,140\text{m}$$

$$b = 6\,356\,755.3\text{m}$$

$$\alpha = \frac{1}{298.257}$$

由于地球椭球体的扁率很小，十分接近于圆球，因此在建筑工程测量中可以当成圆球体来看待，半径采用与椭球等体积的球体半径，即取地球椭球体 3 个半径的平均值作为该球体的半径：

$$R = \frac{a + a + b}{3} = 6\,371\text{km}$$

1.2.2 确定地面点位的方法

测量的基本工作是确定地面特征点的位置。一个点的空间位置，需要 3 个量来确定，其中两个量表示地面点沿基准线投影到基准面后，在基准面上的位置，所以又将这两个量称为坐标；第三个量表示地面点沿基准线到基准面的距离，在测量上称为高程。在这里，基准线可以是点的铅垂线，也可以是法线；基准面可以是椭球面，也可以是大地水准面或平面。下面分别介绍地面点的坐标和高程。

1. 地面点的坐标

1) 地理坐标

地面点在球面上的位置常采用经度 (λ) 和纬度 (φ) 来表示，称为地理坐标。

如图 1-1 所示，N、S 分别是地球的北极和南极，NS 称为地轴。包括地轴的平面称为子午面，子午面与地球表面的交线称为子午线，通过原格林尼治天文台的子午面称为首子午面。

过地面上任意一点 P 的子午面与首子午面的夹角 λ ，称为 P 点的经度。由首子午面向东量称为东经，向西量称为西经，其取值范围为 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。

通过地心且垂直于地轴的平面称为赤道面。过 P 点的铅垂线与赤道面的夹角 φ ，称为 P 点的纬度。由赤道面向北量称为北纬，向南量称为南纬，其取值范围为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。

地面上每一点都有一对地理坐标，例如，北京某点的地理坐标为东经 $116^\circ 28'$ ，北纬 $39^\circ 54'$ 。

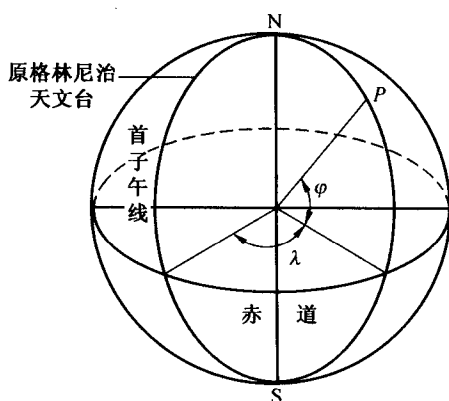


图 1-1 地理坐标

2) 高斯平面直角坐标

在解决较大范围的测量问题时，应将地面上的点投影到椭球体面上，再按一定的规则投影到平面上，形成统一的平面直角坐标系，通常采用高斯投影的方法来解决这一问题。

高斯投影是将地球按一定的经度差（如每隔 6° ）划分成若干个投影带，如图 1-2a 所示，然后将每个投影带按照高斯正形投影条件投影到平面上。投影带是从通过英国格林威治天文台的首子午线起，经差每隔 6° 为一带（称为六度带），自西向东将整个地球分为 60 个投影带，带号从首子午线起向东，用阿拉伯数字 1, 2, 3, ..., 60 表示。位于各投影带中央的子午线称为该带的中央子午线，第 N 个投影带的中央子午线的经度 L_0 为

$$L_0 = 6N - 3$$

式中 N ——投影带的带号。

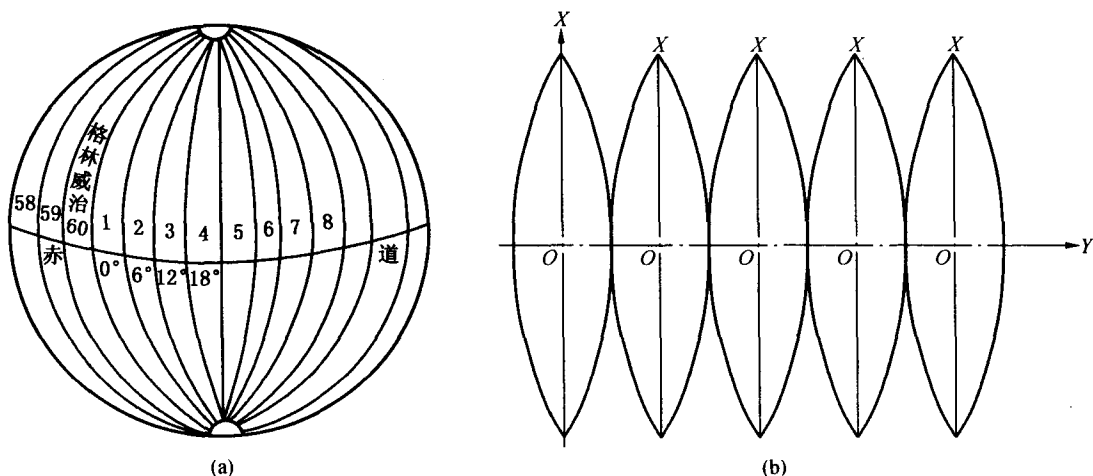


图 1-2 地球分带与高斯投影

a—地球分带；b—高斯投影

分带以后，每一个投影带仍是一个曲面，为了能用平面直角坐标表示点的位置，必须将每个曲面按高斯正形投影条件转换成平面。基本方法是：把地球当圆球看待，设想把一个与地球同直径的圆柱横套在地球上，使圆柱内表面与某个六度带的中央子午线相切，在保持角度不变的条件下将该投影带全部投影到圆柱内表面上。然后将圆柱沿着通过南北两极的母线剪开并展成平面，便得到该六度带在平面上的投影。用同样的方法可以得到其他每个投影带的平面投影，如图 1-2b 所示。

投影以后，在高斯平面上，每带的中央子午线和赤道的投影成相互垂直的直线，取每带的中央子午线为坐标纵轴（ X 轴），赤道为坐标横轴（ Y 轴），它们的交点 O 为坐标原点。纵轴向北为正方向，横轴向东为正方向，从而组成投影带的高斯平面直角坐标系，在其投影带内的每一点都可以用平面坐标 x 、 y 值来表示。由于我国位于北半球，纵坐标 x 均为正值。为了使每带的横坐标 y 不出现负值，在测量中规定每带的中央子午线的横坐标都加上 500km，也就是把纵坐标轴向西移 500km，如图 1-3 所示。

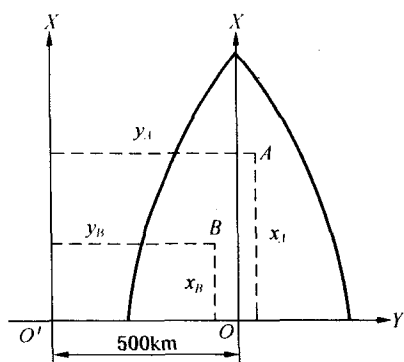


图 1-3 测量平面坐标值的构成

如上所述，每带都有相应的直角坐标系。为了区别不同投影带内的点的坐标，规定在横坐标值前加注投影带号，这种增加 500km 和带号的横坐标值称为通用值；未加 500km 和带号的横坐标值称为自然值。例如， A 、 B 两点位于第 36 带内，其横坐标的自然值为

$$y_A = +36\ 210.14\text{m}$$

$$y_B = -41\ 613.07\text{m}$$

将 A 、 B 两点横坐标的自然值加上 500km，并加注带号后便得到横坐标的通用值，即

$$y_A = 36\ 536\ 210.14\text{m}$$

$$y_B = 36\,458\,386.93\text{m}$$

在高斯平面直角坐标系中，离中央子午线愈近的区域其长度变形愈小，离中央子午线愈远的区域其长度变形愈大。在工程和城市测量中要求长度变形较小时，应采用高斯投影三度带坐标系。三度带是从东经 $1^\circ 30'$ 起，每隔经差 3° 划分一带，将整个地球划分为 120 个投影带。三度带中的单数带的中央子午线与六度带的中央子午线重合，而双数带的中央子午线则与六度带的边界子午线重合。三度带中央子午线的经度 L'_0 可按下式计算：

$$L'_0 = 3n$$

式中 n ——三度带的带号。

我国规定分别采用六度带和三度带两种投影带。

3) 假定平面直角坐标

在小范围内（如较小的建筑区域或厂矿区等）进行测量时，由于测量区域较小又相对独立，可以把球面当作平面来看待，地面点在水平面内的铅垂投影位置，可以用在该平面内的假定坐标系中的 x 、 y 、 z 3 个量来表示。平面直角坐标系的原点可以按实际情况选定，通常把原点选在测区的西南角，其目的是使整个测区内各点的坐标均为正值。

测量中所用的平面直角坐标和数学中的坐标相似，只是坐标轴互换，而象限顺序相反，如图 1-4 所示。测量工作中规定所有直线的方向都是从坐标纵轴北端顺时针方向度量的，这样既不改变数学计算公式，又便于测量上的方向和坐标计算。

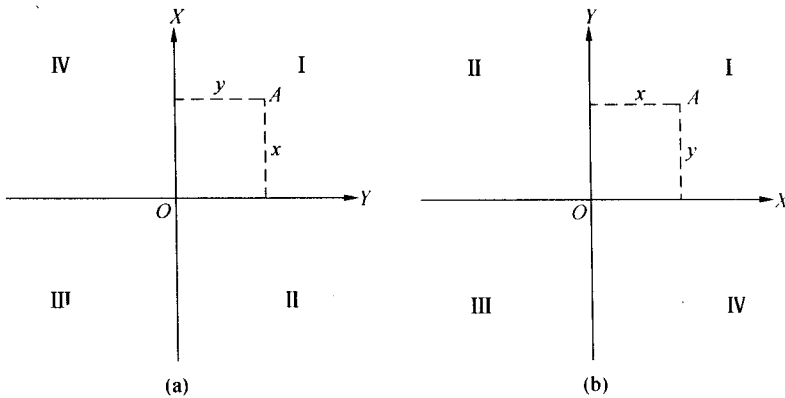


图 1-4 测量坐标系和数学坐标系

a—测量坐标系；b—数学坐标系

坐标纵轴 X 通常与某子午线方向一致，以它来表示南北方向，指北者为正，指南者为负；以坐标横轴 Y 表示东西方向，指东者为正，指西者为负。

2. 地面点的高程

要表示地面点的空间位置，除了应确定在投影面上的平面位置外，还应确定它沿铅垂线方向到基准面的距离。在一般测量工作中都以大地水准面作为基准面，把某点沿铅垂方向到大地水准面的距离，称为该点的绝对高程或海拔，简称高程，如图 1-5 所示。一般用符号 H 表示高程，如图中 A 、 B 点的绝对高程用 H_A 和 H_B 表示。如果是距任意一个水准

面的距离, 则称为相对高程, 如 H'_A 和 H'_B 。我国的绝对高程是以青岛港验潮站历年记录的黄海平均海水面为基准, 并在青岛市内一个山洞里建立了水准原点, 高程为 72.260m (称为 1985 年国家高程基准), 全国各地的高程都以它为基准测算 (停止使用 1956 年高程基准 72.289m)。

地面上两点间的高程差称为两点间的高差, 用 h 表示, 高差有正、负之分。例如, A 、 B 两点的高差 h_{AB} 为

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

当 h_{AB} 为正时, 说明 B 点高于 A 点; 当 h_{AB} 为负时, 说明 B 点低于 A 点; 当 h_{AB} 为零时, 说明两点在同一水准面上 (高程值相等)。

当使用绝对高程有困难时 (无法与国家高程系统联测), 可采用任意假定的水准面为高程起算面, 即为相对高程或假定高程。在建筑工程中所使用的标高, 就是相对高程, 它是以建筑物地坪 (± 0.000 面) 为基准面起算的。

不论采用绝对高程还是相对高程, 其高差值是不变的, 均能表达两点间的高低相对关系。例如:

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$$

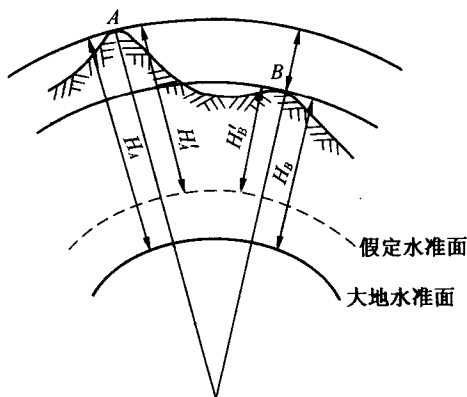


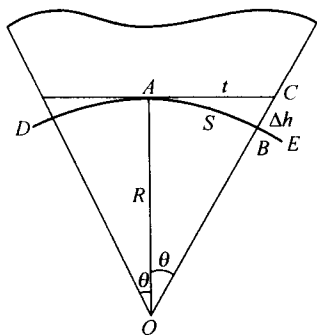
图 1-5 地面点的高程表示

1.3 用水平面代替水准面的限度

在实际测量工作中, 在一定的测量精度要求或测区面积不大的情况下, 往往以水平面直接代替水准面, 就是把较小一部分地球表面上的点投影到水平面上来确定其位置。在多大范围内才能允许用水平面代替水准面, 下面就它对距离、角度和高程的影响进行分析 (为了方便假设地球是一个圆球体)。

1.3.1 水准面的曲率对水平距离的影响

如图 1-6 所示, DAE 为水准面, AB 是水准面上的一段弧, 弧的长度是 S , 所对的圆心角为 θ , 地球半径为 R , 过水准面上的 A 点作切平面, 即 A 点的水平面。如果用 A 点的水平面来代替水准面, 那么 AC 直线 (长度为 t) 就代替了 AB 弧, 则在距离方面就会产生误差 ΔS , 由图可知



$$\Delta S = AC - AB = t - S$$

其中

$$AC = t = R \tan \theta$$

$$AB = S = R \theta$$

$$\text{则 } \Delta S = t - S = R(\tan \theta - \theta) = R\left(\frac{1}{3}\theta^3 + \frac{2}{15}\theta^5 + \dots\right)$$

因 θ 角一般较小, 所以可以略去 5 次以上各项, 并以 $\theta =$

$\frac{S}{R}$ 代入, 可以得到

图 1-6 地球曲率对水平距离的影响

$$\Delta S = \frac{1}{3} \frac{S^3}{R^2}$$

或者

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{1}{3} \left(\frac{S}{R} \right)^2 \quad (1-1)$$

一般情况下,精密距离丈量时的容许误差为其长度的 1/1 000 000,而根据上式计算,当水平距离为 10km 时 ($R=6\,371\text{km}$),以水平面代替水准面所产生的距离相对误差是 1/1 217 700。因此可以得出这样的结论:在半径为 10km 圆的面积内进行距离测量工作时,可以不必考虑地球曲率。也就是说可以把水准面当作水平面来看待,即实际沿圆弧丈量所得距离作为水平距离,其误差可以忽略不计。

1.3.2 水准面的曲率对水平角的影响

根据球面三角学知道,同一个空间多边形在球面上投影所得到的多边形内角之和,要大于它在平面上投影所得到的多边形内角之和,所大的这个量就是球面角超。由计算可知,对于面积在 100km^2 以内的多边形,地球曲率对水平角度的影响只有在最精密的测量中才需要考虑,一般的测量工作是不必考虑的。

因此可以得出这样的结论:在面积为 100km^2 范围内,不论是进行水平距离测量还是水平角度测量,都可以不考虑地球曲率的影响;在精度要求较低的情况下,这个范围还可以相应扩大。

1.3.3 水准面的曲率对高差的影响

由图 1-6 可知

$$\begin{aligned} (R + \Delta h)^2 &= R^2 + t^2 \\ 2R\Delta h + (\Delta h)^2 &= t^2 \\ \Delta h &= \frac{t^2}{2R + \Delta h} \end{aligned}$$

根据前面所述,在一定范围内两点在水平面上的投影长度可以代替其在水准面上投影的弧长,即可用 t 来代替 S ,同时由于 Δh 与 2 倍的 R (地球半径) 相比可忽略不计,所以上式可以写成

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

由式(1-2)可知,当 $S=10\text{km}$ 时, $\Delta h=7.85\text{m}$; 当 $S=5\text{km}$ 时, $\Delta h=1.96\text{m}$; 当 $S=100\text{m}$ 时, $\Delta h=0.78\text{mm}$ 。

从上面计算可以看出,即使在较短的距离内,用水平面代替水准面对高程的影响也是较大的,它所带来的高程影响在建筑工程测量中是不能允许的。因此,在高程测量方面应该考虑地球曲率对高差的影响。

1.4 测量工作概述

1.4.1 测量工作概述

地球自然表面的形状是极其复杂的,要将地面上的各种物体(称为地物)和地面的高低起伏的形态(称为地貌)用特定的符号表示在图纸上,就需要在地物和地貌的轮廓线上选择一些具有特征意义的点,只要将这些点测绘到图纸上,就可以参照实地情况比较准确地将地物、地貌描绘出来而得到地形图。从图 1-7a 中可以看出,房屋的平面位置是

由点1、2、3、…等表示房屋轮廓的转折点的连线构成的。因此，只要将1、2、3、…点的平面位置测绘在图纸上，相应地连接这些点，就可以获得房屋在图上的平面位置。一条道路，如图1-7b所示，它的边线是不规则的，但弯曲部分可以看成是由许多短直线组成的，若能确定如1、2、3、…等道路两旁转折点在图上的位置，再考虑路宽以及道路形状的变化，就可以在图上描绘出这条道路的平面位置了。如图1-7c所示，地面起伏形态可以用地形特征线上的坡度变化点所组成的线段来表示，也就是可以把各线段内的坡度看成是大体一致的（图1-7c中的立尺点），把各个高低起伏的立尺点的位置首先测绘在平面图上，再根据各点所测的高程用等高线的方式，就可以把地貌描绘出来。

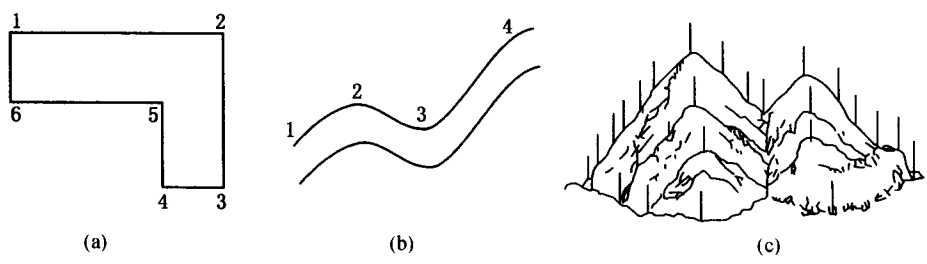


图1-7 地物和地貌的特征点

由此可见，测量工作的基本任务就是确定地面点的位置，无论是测绘地形图还是建筑物的施工放样，都可以归结为确定地面点的位置的问题。

1.4.2 测量工作的基本内容

在实际测量工作中，一般不能直接测出地面点的坐标和高程。通常是先测出能够确定某点空间位置的基本要素来，再根据基本要素和已知数据计算出该点的平面坐标和高程。

如图1-8所示，欲确定地面点 P_1 和 P_2 的位置，在实际测量工作中，并不是直接测出它们的坐标和高程，而是通过观测得到水平角 β_1 、 β_2 和水平距离 S_1 、 S_2 以及点与点之间的高差，再根据已知点的坐标、方位和高程推算出 P_1 点和 P_2 点的坐标和高程，以确定它们的点位。由此可见，地面点间的位置关系是以水平角度、水平距离和高差来确定的。所以水平角测量、水平距离测量和高差测量是测量工作的基本内容；水平角、水平距离和高差是确定地面点位的3个基本要素。

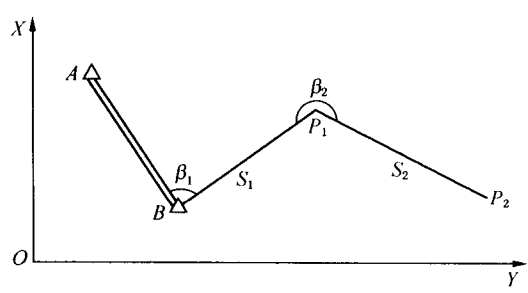


图1-8 地面点平面位置的确定

1.4.3 测量工作的基本原则与程序

测量工作从整体上可以分为外业和内业两大部分。外业工作主要是指在室外进行的测量工作，如角度测量、距离测量、高差测量和测图，以及一些简单的计算和绘图工作等。内业工作主要是指在室内进行数据处理和绘图工作等，主要内容是整理并计算室外观测资料，以及进行绘图工作等内容。