



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

建筑工程测量

李 仲 主编



高等教育出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

建筑工程测量

李 仲	主 编
王治宪	副主编
孔昭璧	审 阅

高等教育出版社

内容提要

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本教材内容包括：绪论、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、测量误差的基本知识、小地区控制测量、大比例尺地形图的基本知识及其测绘、地形图的应用、施工测量的基本工作、施工场地的控制测量、民用建筑施工测量、工业建筑施工测量、建筑物的变形观测和竣工总平面图的测编。

本教材具有较强的实用性和通用性，突出以能力为本位的指导思想，体现高等职业教育的特点，内容精练，突出应用，注重实践。

本书可供高职高专院校建筑类专业教学使用和从事土建工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑工程测量/李仲主编. —北京：高等教育出版社，
2007. 7

ISBN 978 - 7 - 04 - 021833 - 6

I. 建… II. 李… III. 建筑测量 - 高等学校：技术
学校 - 教材 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 071210 号

策划编辑	张骁军	责任编辑	葛 心	封面设计	于 涛	责任绘图	朱 静
版式设计	马静如	责任校对	王 超	责任印制	宋克学		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京地质印刷厂

开 本 787 × 1092 1/16
印 张 13.75
字 数 330 000

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007 年 7 月第 1 版
印 次 2007 年 7 月第 1 次印刷
定 价 17.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21833 - 00

前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是编者在总结多年高职高专教学改革成功经验的基础上，结合我国建筑工程测量的基本情况，按照土建类专业高职高专人才培养的特点编写的。

本书在阐述测量基本理论的同时注重理论与实践相结合，编写时力求做到基本概念准确，各部分内容紧扣培养目标，文字简练、相互协调，并注重运用图表说明内容，使读者易于理解。每章后有结合工程实际的思考题和习题，便于学生巩固理论知识，培养实际应用的综合能力。

本书共 13 章，教学时数为 70 学时，其中含 20 学时的实验和习题课。

参加本书编写的有山西工程职业技术学院李仲（第六、七、八、九章）、王治宪（第一、十一章）、刘勇（第三、四章）、蔡红新（第五章）、贾鹏程（第十章）、周英才（第十二章），太原大学刘娟（第二章），太原市城市职业技术学院潘尚龙（第十三章）。

本书由李仲统稿并担任主编，由王治宪任副主编。

太原理工大学孔昭壁教授审阅了本书书稿，提出了许多宝贵意见和建议，谨在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2007 年 2 月

目 录

第一章 绪论	1	第一节 测量误差概述	82
第一节 建筑工程测量的任务	1	第二节 衡量精度的标准	84
第二节 地面点位的确定	2	第三节 观测值的算术平均值及其中 误差	87
第三节 测量工作概述	9	第四节 误差传播定律	89
思考题与习题	11	思考题与习题	94
第二章 水准测量	13	第六章 小地区控制测量	96
第一节 水准测量原理	13	第一节 控制测量概述	96
第二节 水准测量的仪器与工具	14	第二节 导线测量的外业工作	97
第三节 DS_3 型微倾式水准仪的使用	17	第三节 导线的内业计算	101
第四节 水准测量	19	第四节 高程控制测量	109
第五节 水准测量的误差及注意事项	23	第五节 GPS 控制测量简介	113
第六节 水准测量的成果计算	25	思考题与习题	118
第七节 微倾式水准仪的检验与校正	29	第七章 大比例尺地形图的基本知识 及其测绘	119
第八节 自动安平水准仪, 精密水准仪 和激光水准仪	32	第一节 地形图的基本知识	119
思考题与习题	36	第二节 视距测量	131
第三章 角度测量	38	第三节 地形图测绘前的准备工作	134
第一节 水平角测量的原理和经纬仪	38	第四节 碎部测量的方法	135
第二节 DJ_6 型光学经纬仪	39	第五节 数字化测图简介	141
第三节 DJ_2 型光学经纬仪	42	思考题与习题	143
第四节 经纬仪的使用	43	第八章 地形图的应用	145
第五节 水平角的观测方法	45	第一节 地形图的阅读	145
第六节 竖直角观测	48	第二节 地形图应用的基本内容	147
第七节 水平角测量误差及注意事项	52	第三节 地形图在规划设计中的应用	149
第八节 经纬仪的检验与校正	54	思考题与习题	155
第九节 电子经纬仪	58	第九章 施工测量的基本工作	158
思考题与习题	61	第一节 施工测量概述	158
第四章 距离测量与直线定向	64	第二节 测设的基本工作	159
第一节 钢尺量距的一般方法	64	第三节 点的平面位置的测设	162
第二节 钢尺量距的精密方法	67	第四节 圆曲线的测设	165
第三节 光电测距仪简介	70	思考题与习题	170
第四节 全站仪	73	第十章 施工场地的控制测量	172
第五节 直线定向	77	第一节 概述	172
思考题与习题	80		
第五章 测量误差的基本知识	82		

第二节 建筑基线	174	施工测量	192
第三节 建筑方格网	176	第四节 厂房预制构件安装测量	194
第四节 施工场地的高程控制测量	177	第五节 烟囱的施工测量	197
思考题与习题	177	第六节 管道施工测量	199
第十一章 民用建筑施工测量	178	思考题与习题	204
第一节 概述	178	第十三章 建筑物的变形观测和竣工	
第二节 建筑物的定位、抄平与放线	181	总平面图的测编	205
第三节 建筑物基础施工测量	183	第一节 建筑物变形观测概述	205
第四节 首层楼房墙体施工测量	185	第二节 建筑物的沉降观测	206
第五节 高层建筑的施工测量	187	第三节 建筑物的倾斜观测	209
思考题与习题	189	第四节 建筑物的裂缝观测	210
第十二章 工业建筑施工测量	191	第五节 建筑物的水平位移观测	211
第一节 概述	191	第六节 竣工总平面图的测编	211
第二节 厂房矩形控制网的测设	191	思考题与习题	212
第三节 厂房柱列轴线测设与柱基		参考文献	213

第一章 绪 论

第一节 建筑工程测量的任务

测量学是研究地球的形状和大小及确定地面点之间相对位置的一门学科。其主要内容包括测定和测设两个部分。测定是指使用测量仪器和工具,通过一系列的观测和计算,获得确定地面点位置的数据,或将建设地区的地表面的地形缩绘成地形图,供建筑工程规划和设计时使用。测设是指把图纸上设计好的建筑物、构筑物的位置,按照设计和施工的要求在地面上标定出来,作为施工的依据。建筑工程测量是研究工业与民用建筑在勘察、设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作,其主要任务是:

① 测绘大比例尺地形图。把工程建设地区的各种地物(如房屋、道路、森林与河流等)和地貌(地面的高低起伏,如山头、盆地、丘陵与平原等)通过外业实地测量和内业计算整理,按一定的比例尺缩小绘成各种地形图、断面图,或用数字表示出来,为工程建设的各阶段提供必要的图纸和资料。

② 建(构)筑物的施工放样。将图纸上所设计的建筑物、构筑物,按照设计与施工的要求在现场标定出来,作为施工的依据。在建筑施工和设备安装过程中,也要进行各种测量工作,配合指导施工,以便保证施工和安装的质量。

③ 竣工总平面图的编绘。为了检验工程施工定位质量,工程竣工后,要对建(构)筑物,各种设施,各种生产、生活管道,特别是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,为建筑物交付时的验收和以后的改建、扩建及使用中的检修提供资料。

④ 建筑物的沉降与变形观测。在建筑物施工或运营期间,为了监测其基础和结构的安全和稳定状况,了解设计是否合理,需要定期地对其位移、沉降、倾斜及摆动进行观测,为鉴定工程质量及工程结构和地基基础研究提供资料。

由此可见,建筑工程测量在城乡规划、建筑学、工业与民用建筑、给水与排水、铁路和公路等专业中有着重要的作用。所以,从事工程建设的技术人员,必须掌握一定的测量知识和技能。

本书主要介绍有关大比例尺地形图的测绘及其应用,以及工业与民用建筑、管道工程、道路工程施工测量等内容。对于土建类专业的学生,本课程的基本要求是:

① 掌握建筑工程测量必要的基本理论、基本知识和基本技能。

② 了解常用测量仪器(水准仪、经纬仪、全站仪、钢尺)的构造,掌握其使用和检验方法,了解其校正的方法。

③ 了解小地区大比例尺地形图测绘的过程,并初步掌握其测绘方法。

- ④ 学会读图和应用地形图。
- ⑤ 了解建筑工地测量的主要内容和工序,并具有一般工程施工放样的能力。

第二节 地面点位的确定

地球自然表面的形态是多种多样的,地面还有许多各种类型的建筑物。因此,要测绘的地貌和地物是十分复杂的,欲将其测绘到图纸上,就需要在地物和地貌的轮廓线上选择一些具有地形特征的点,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、地貌描绘出来而获得地形图。从图 1.1a 中可以看出,房屋的平面位置是由 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 等点的平面位置测绘在图纸上,相应的连接这些点,就可以获得房屋在图上的平面位置。一条道路,如图 1.1b 所示,它的边线不规则,但弯曲部分可以看成是由许多短直线组成的,若能确定 1、2、3 等路边转折点在图上的位置,再考虑到路宽,比照道路形状的变化,就可以在图上描绘出这条道路的平面位置。如图 1.1c 所示,地面起伏形态可以用地形特征线上的坡度变化点(包括方向变化点)1、2、3 等所组成的线段来表示。可以把各线段内的坡度看成是大体一致的,所以测量 1、2、3 等的高低位置后,地面的起伏也就大概地表达出来了。表示高低变化的 1、2、3 等各点称为地貌特征点。

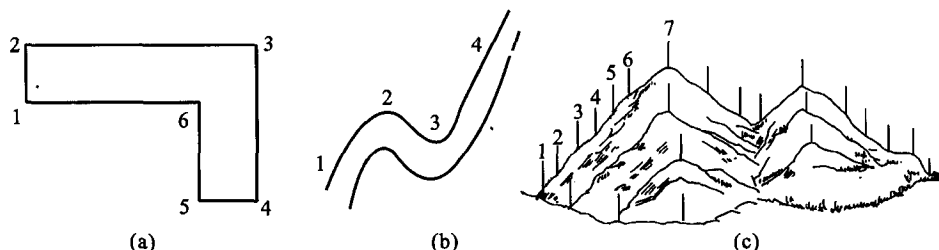


图 1.1 特征点的确定

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位置的问题。下面研究地面点的表示方法。

一、地球的形状与大小

测量工作是在地球表面上进行的,测量的成果又需要归算到一定的平面上,才能进行计算和绘图。因此,首先要对地球的形状与大小有一个初步的了解。地球自然表面极不规则,有陆地和海洋。其中我国的珠穆朗玛峰高达 8 844.43 m (2005 年测定),是世界上的最高点,而太平洋的马里亚纳海沟深达 11 022 m,是世界上的最低点。海洋面积约占地球表面积的 71%,陆地面积仅占 29%。所以人们总是把地球的形状看作是被海水包围的球体。自由静止的水面称为水准面。它是一个封闭的曲面,并处处与铅垂线垂直。过水准面上某点与水准面相切的平面称为水平面。水准面有无数个,其中与平均海水面相吻合并向大陆、岛屿内延伸而形成的曲面称为大地水准面。大地水准面所包围的地球形体称为大地体。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的变化。因而大地水准面是具有复杂形状的物理曲面,

如图 1.2 所示。在实用中，大地水准面常用与其非常接近又能用数学式子表示的旋转椭圆体的表面代替，以便把测量结果归算到旋转椭圆体面上进行计算或制图。

旋转椭圆体面是一个数学表面，它的大小可由长半径 a ，短半径 b 和扁率 α 来表示。我国 1980 年以后采用的数值为：

$$a = 6\,378\,140\text{ m} \quad b = 6\,356\,755\text{ m}$$

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

由于旋转椭圆体扁率较小，在建筑工程测量中可把它当作圆球体看待，其半径取为：

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

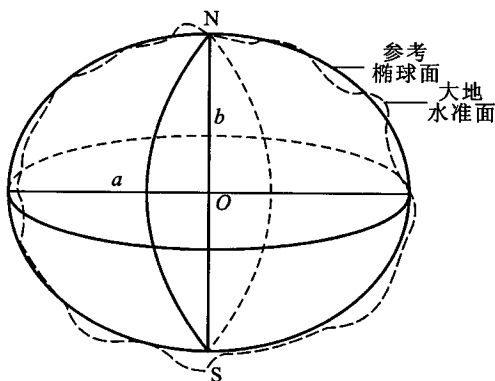


图 1.2 大地水准面与旋转椭球体

二、确定地面点位的方法

测量工作的实质是确定地面点的位置。在数学上，一个点的空间位置，通常用它在三维空间直角坐标系中的坐标 x 、 y 、 z 三个量来确定，测量上也采用同样的方法确定点的空间位置。如图 1.3 所示，将地面点 A 、 B 、 C 沿着铅垂线方向投影到大地水准面上（范围较小时可用水平面代替大地水准面），得到 a 、 b 、 c 各投影点位，其平面位置用 x 、 y 表示，其竖向位置用 H 表示。

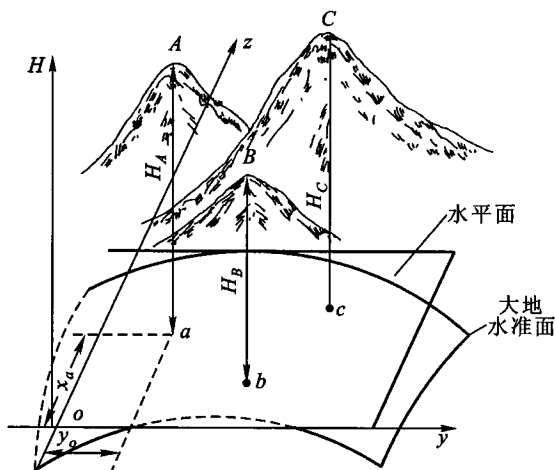


图 1.3 地面点空间位置

1. 地面点的高程位置

(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，又称海拔，用 H 表示，如图 1.4 所示。地面点 A 、 B 的绝对高程为 H_A 、 H_B 。

大地水准面是计算高程的基准面，我国采用“1985 年国家高程基准”，它是由青岛验潮站 1953 年至 1979 年的验潮资料计算确定的，并推算得青岛水准原点高程为 72.260 m，全国各地高程都以它为基准进行测算。（停止使用 1956 年青岛水准原点的高程 72.289 m。）

(2) 相对高程

地面点到假定水准面的铅垂距离称为该点的相对高程（假定高程），用 H' 表示，如图 1.4 中的 H'_A 、 H'_B 。在建筑工程中所使用的标高，就是相对高程，它是以建筑物室内地坪（ ± 0.000 面）为基准面起算的。

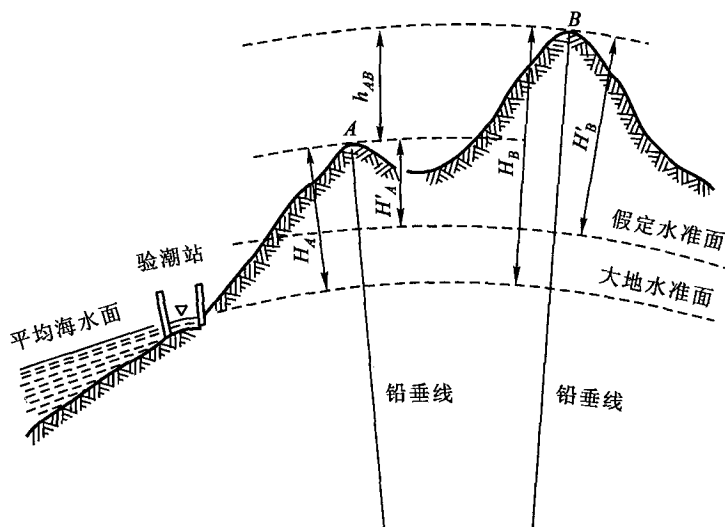


图 1.4 高程和高差

(3) 高差

地面上两点间的高程差称为高差，如图 1.4 所示，用 h 表示。高差有方向和正负之分，A 点至 B 点的高差为：

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

可见对于相同的两点，不论采用绝对高程还是相对高程，其高差值不变，均能表达两点间的相对高低关系。

当 h_{AB} 为正时，说明 B 点高于 A 点。而 B 点至 A 点的高差为：

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

当 h_{BA} 为负时，说明 A 点低于 B 点。可见，A 至 B 的高差与 B 至 A 的高差绝对值相等而符号相反，即：

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

2. 地面点的平面位置

(1) 高斯平面直角坐标系

在解决较大范围的测量问题时，应将地面上的点投影到椭圆体面上，再按一定的条件投影到平面上来，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个问题。

如图 1.5 所示, 高斯投影是将地球按每经差 6° 划为一带 (称为六度带), 自西向东将整个地球划分成经差相等的 60 个带, 带号从首子午线起向东, 用阿拉伯数字编定, 即用 1, 2, 3, $\dots$, 60 表示。位于各带中央的子午线称为该带的中央子午线。第一个六度带的中央子午线的经度为 3° , 任意带的中央子午线经度 L_0 为:

$$L_0 = 6N - 3$$

式中 N ——投影带的号数。

分带后, 每一个六度带仍然是一个曲面。为了能用平面直角坐标表示点的位置, 必须将曲面按高斯正形投影条件转换成平面。如图 1.6a 所示, 把地球作为一个圆球看待, 设想把一个与地球同直径的横圆柱切于圆球面上, 使圆柱面与圆球体某六度带的中央子午线相切, 将整个六度带在保持角度不变的条件投影到横圆柱面上。然后将横圆柱面沿着通过南北极的母线切开并展成平面, 便得到该六度带在平面上的图形, 此平面称为高斯投影平面, 如图 1.6b 所示。

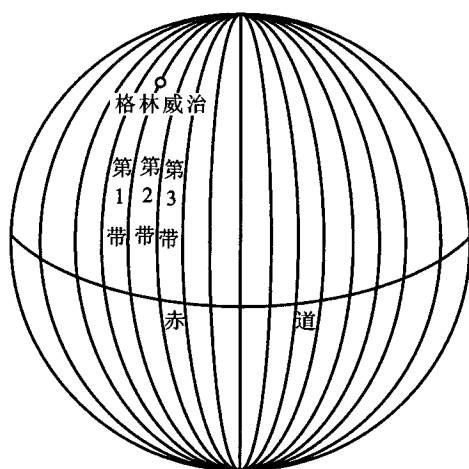


图 1.5 高斯投影分带

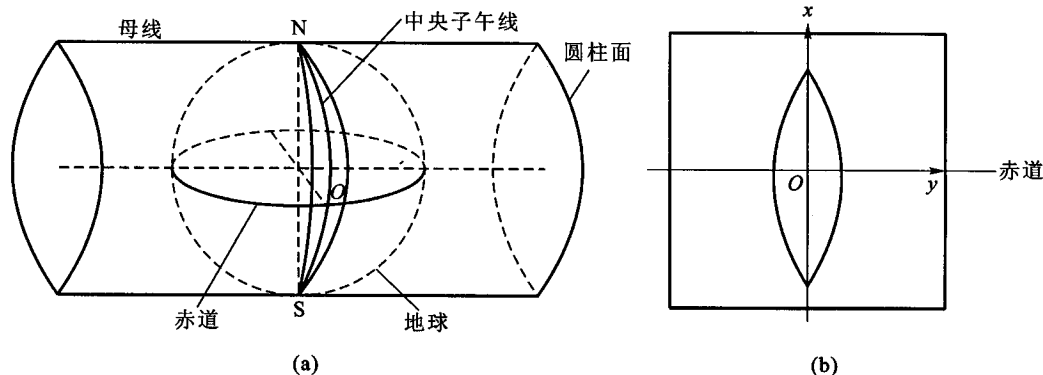


图 1.6 高斯投影

投影后, 在高斯平面上, 中央子午线和赤道投影为互相垂直的直线, 取中央子午线为坐标纵轴 x , 赤道为横轴 y , 它们的交点 O 为坐标原点, 从而构成这一带的高斯平面直角坐标系。在这个投影面上的每个点都可以用直角坐标值 x 、 y 来表示。该坐标系的纵坐标 x 自赤道向北为正, 向南为负; 横坐标 y 自中央子午线向东为正, 向西为负。我国领土位于北半球, 各带的纵坐标均为正值, 而横坐标有正有负。为了使各带的横坐标 y 不出现负值, 在测量中规定每带中央子午线的横坐标都加 500 km, 也就是将坐标原点西移 500 km, 如图 1.7 所示。

由于高斯投影是按带各自投影, 故每带都有相应的平面直角坐标系。为了表明点的某组坐标所在的带, 规定在横坐标值前加写带号, 这种增加 500 km 和带号的坐标, 称国家统一坐标, 因此, 带内任一点的坐标值为:

$$x = X$$

$$y = \text{带号} + 500 \text{ km} + Y$$

式中 X 、 Y ——相对赤道和中央子午线的自然坐标值。

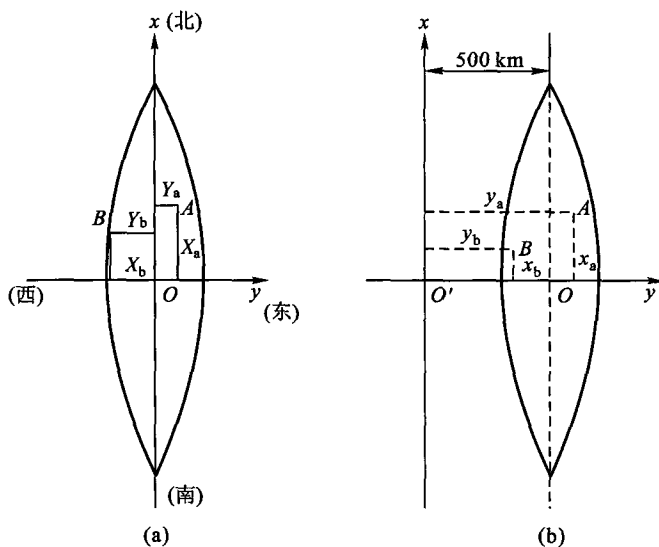


图 1.7 高斯平面直角坐标

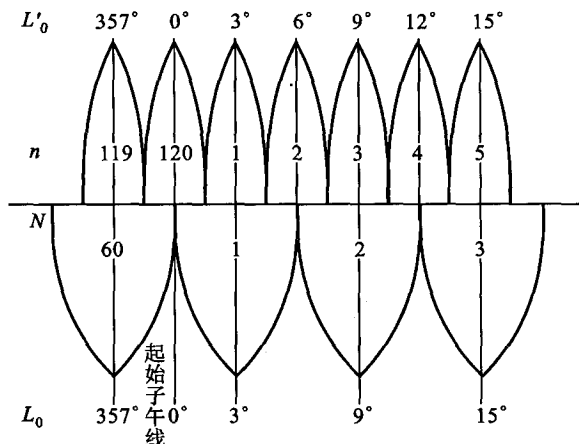
例如,

$$x_A = 321\,821.98\text{ m}$$

$$y_A = 20\,587\,307.25\text{ m}$$

可以看出 A 点在第 20 带, 点位是由赤道向北 321 821.98 m 与中央子午线向东 587 307.25 m - 500 000 m = 87 307.25 m 的交点处。

在高斯平面直角坐标系中, 离中央子午线愈近的部分其长度变形愈小, 随着离中央子午线愈远其长度变形愈大, 且中央子午线两侧对称位置的变形是相互对称的。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, 将整个地球划为 120 个带, 它与六度带的关系见图 1.8 所示。三度带中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:

图 1.8 投影分带与 6° (3°) 带

$$L'_0 = 3n$$

式中 n ——三度带的带号。

我国境内六度带的带号最西为第 13 带，最东为第 23 带，全国共 11 个六度带。由此可以推算出我国境内三度带的带号及带数。

(2) 地理坐标系

在地理坐标系中，地面点在椭圆体面上的投影位置用经度与纬度来表示，地面上每个点都有一对地理坐标。例如，位于北京地区某点的地理坐标为东经 $116^\circ 28'$ 、北纬 $39^\circ 54'$ 。知道了点的地理坐标，就可以确定该点在椭圆体面上的投影位置。这种表示点位的方法常用在大地测量学中，在建筑工程测量中一般不使用此坐标系。

(3) 独立（假定）平面直角坐标系

当测量区域较小且相对独立时（较小的建筑区和厂矿区），通常把较小区域的椭球面当作水平面看待，即用过测区中部的水平面代替曲面，如图 1.9 所示。地面点在水平面上的投影位置，可以用该平面的直角坐标系中的坐标 x 、 y 来表示。这样选择坐标系对测量工作的计算和绘图都较为简便。

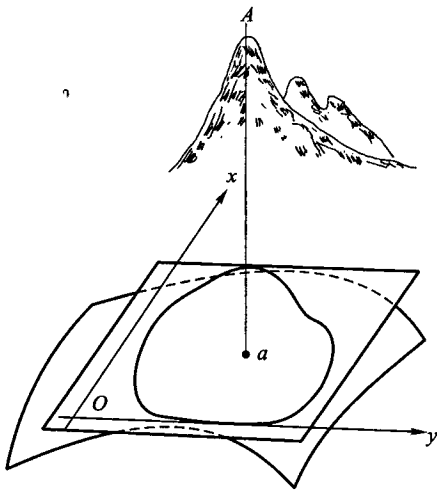


图 1.9 水平面代替曲面

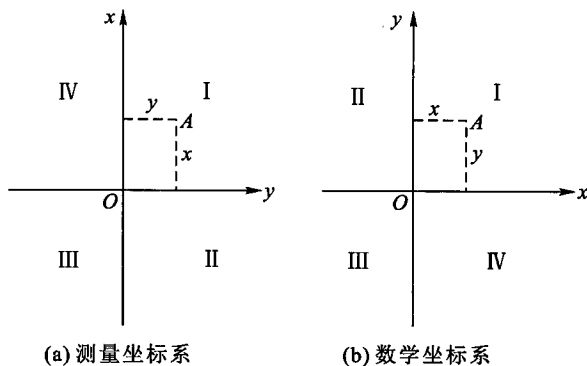


图 1.10 两个坐标系的比较

测量上都以某点的子午线为基准方向，由子午线的北端起按顺时针确定直线方向，使平面直角坐标系的纵轴即 x 轴与子午线北方一致，象限排列如图 1.10 所示。这样选择直角坐标系可使数学中的解析公式不做任何变动地应用到测量计算中。显然坐标纵轴 x （南北方向）向北为正，向南为负；坐标横轴 y （东西方向）向东为正，向西为负。平面直角坐标系的原点，可按实际情况选定。通常把原点选在测区西南角，其目的是使整个测区内各点的坐标均为正值。

三、用水平面代替水准面的限度

前面已经谈到，在小区域内测量时可用水平面代替水准面，把地面点直接投影到水平面上以确定其位置。那么在多大范围内才能允许用水平面代替水准面呢？下面就其对距离和高程的影响进行分析。为讨论方便，仍假设地球是一个圆球体。

1. 对距离的影响

如图 1.11 所示, 设地面两点 A 、 B 投影到大地水准面为 a 、 b , 设 ab 的弧长为 D , D 所对圆心角为 θ , 而 A 、 B 在水平面上的投影为 a' 、 b' 。设 ab' 长度为 D' , 水平面代替水准面所引起的距离误差用 ΔD 表示, 即

$$\Delta D = D' - D = R \tan \theta - R\theta = R (\tan \theta - \theta) \quad (1.1)$$

根据三角函数的级数展开公式:

$$\tan \theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \frac{5}{12}\theta^5 + \dots$$

由于 θ 值很小, 只取上式右边前两项, 代入式 (1.1), 得

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

因为 $\theta = \frac{D}{R}$, 所以

$$\Delta D = \frac{D^3}{3R^2} \quad \text{或} \quad \frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2} \quad (1.2)$$

以 $R = 6\,371\text{ km}$ 和不同的 D 值, 代入式 (1.2) 进行计算, 结果填入表 1.1。

表 1.1 用水平面代替水准面对距离的影响

D/km	$\Delta D/\text{cm}$	$\Delta D/D$
10	0.8	1/1 220 000
20	6.6	1/304 000
50	102.7	1/48 700
100	821.2	1/12 000

由表 1.1 可以看出, 当距离为 10 km 时, 用水平面代替水准面所产生的距离误差为 1:1 220 000, 而目前最精密的距离测量, 其相对误差约为 1:1 000 000, 因此可以得出结论: 在半径为 10 km 的圆内, 用水平面代替水准面对距离的影响可忽略不计。

2. 对高程的影响

如图 1.11 所示, 地面点的高程为 $H_B = Bb$, 当用水平面代替大地水准面时, 则 B 点高程为 $H'_B = Bb'$, 其差值 Δh 就是水平面代替水准面所产生的高程误差, 即地球曲率对高程的影响。由图 1.11 可看出:

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

即

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

因为 D' 和 D 相差很小, 取 $D' = D$; 又因 Δh 与 R 值相比也很小, 取 $2R + \Delta h = 2R$, 则

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (1.3)$$

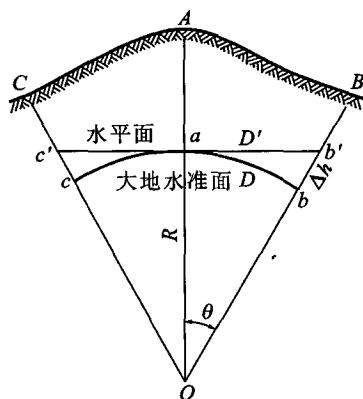


图 1.11 用水平面代替水准面的限度

将不同的 D 值和 $R=6\,371\text{ km}$ 代入上式, 求出平面代替曲面所产生的高差误差见表 1.2。由表 1.2 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很大的, 它所带来的高程影响在建筑工程测量中是不允许的。因此, 在高程测量中, 应考虑地球曲率对高程的影响。

表 1.2 用水平面代替水准面对高程的影响

D/km	0.2	0.5	1	2	3	4	5
$\Delta h/\text{cm}$	0.31	1.96	7.8	31.4	70.6	125.6	196.2

第三节 测量工作概述

测量工作的实质是确定地面点的位置。一个点的位置是由其平面坐标 x 、 y 和高程 H 三个数值确定的。但地面点的坐标和高程一般并非直接测出, 而是先测出确定点的相对位置关系的基本要素, 然后利用已知数据推算出来。

一、确定地面点位的三个基本要素

如图 1.12 所示, 地面点 A 、 B 是已知点 (即其坐标和高程是已知的)。为了得到 P_1 、 P_2 点的坐标和高程, 可先观测出水平角 β_1 、 β_2 , 水平距离 D_1 、 D_2 , 以及高差 h_{BP_1} 、 $h_{P_1P_2}$, 再根据已知点 B 的坐标, 方向 $A-B$ 和 B 点的高程 H_B , 便可推算出 P_1 和 P_2 点的位置。由此可见, 地面点间的位置关系是以水平距离、水平角 (方向) 和高差来确定的。所以距离测量、角度测量和高程测量是测量的基本工作, 而水平距离、水平角和高差是确定地面点位的基本要素。

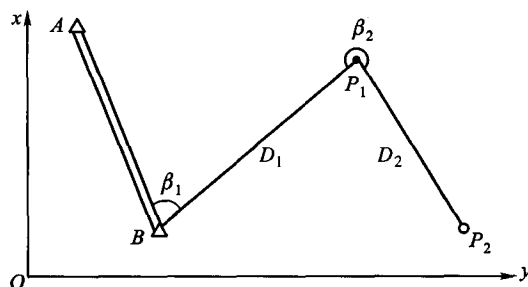


图 1.12 测量的基本工作

二、测量工作的原则与程序

测量工作分外业和内业两部分。外业工作主要是在室外进行的, 如测角、量距、测高差和测图等。内业工作是在室内进行的, 主要内容是整理室外测量的数据, 进行计算和绘图。当然, 外业工作也包括一些简单的计算和绘图内容。

通常, 把需要测量的地区称为测区, 如图 1.13a 所示。欲将该地区的地貌、地物测绘到图上, 如果从第一栋房屋开始测定第二栋房屋, 又依次由第二栋房屋测定第三栋房屋……, 直到测完最后一栋房屋, 道路上各点, 如果也是这样一点接一点依次测下去, 显然最终可以测出各房屋和道路的特征点的位置并绘制成图。但由于测量中不可避免地产生误差, 前一点误差会传递到后一点, 逐渐积累起来, 可能达到不能允许的程度, 更重要的是这种作业方式不便于分幅测绘整体拼接。为此, 在测量中, 常是先选择一些具有控制意义的点, 如图 1.13b 中的 A , B , $\dots$, F 等点, 用比较精密的仪器和方法把它们的位置测定出来, 作为各种测量的控制点, 再

根据这些点测量房屋、道路等的轮廓点。这些用于测量房屋、道路等轮廓点位置的 $A, B, \dots, F$ 等点，对测区起着控制的作用，构成了测区的骨干点，是测图的根据，我们称这些点为图根控制点，简称图根点。房屋、道路等的轮廓点称地物特征点；表示地貌特征的点称为地形点。地物特征点和地形点统称为碎部点。对图根点的测量和计算工作，叫做图根控制测量；对碎部点的测量和绘图，叫做碎部测量，又称地形测图。

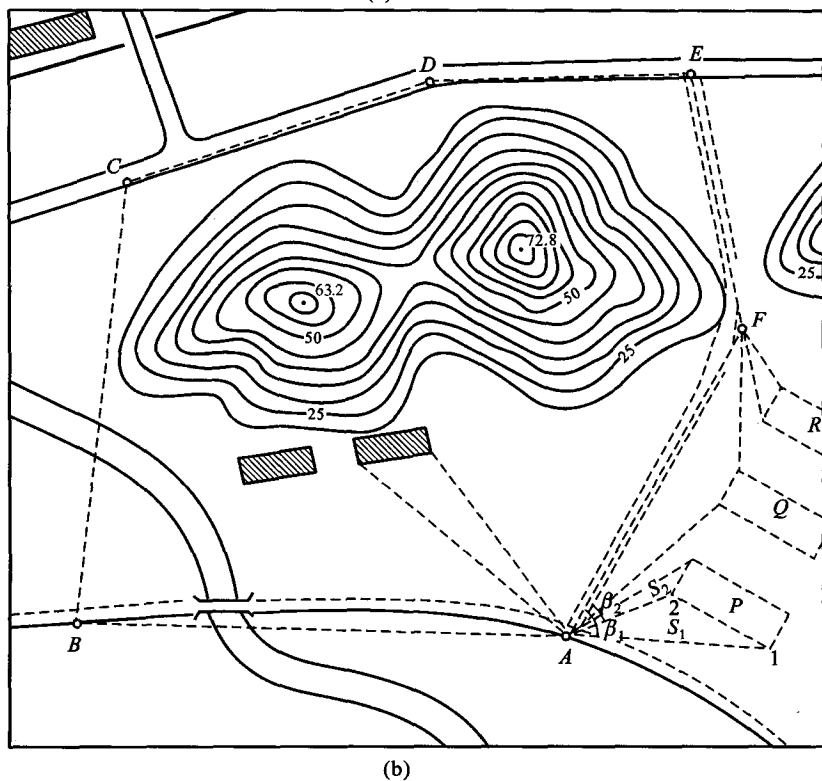
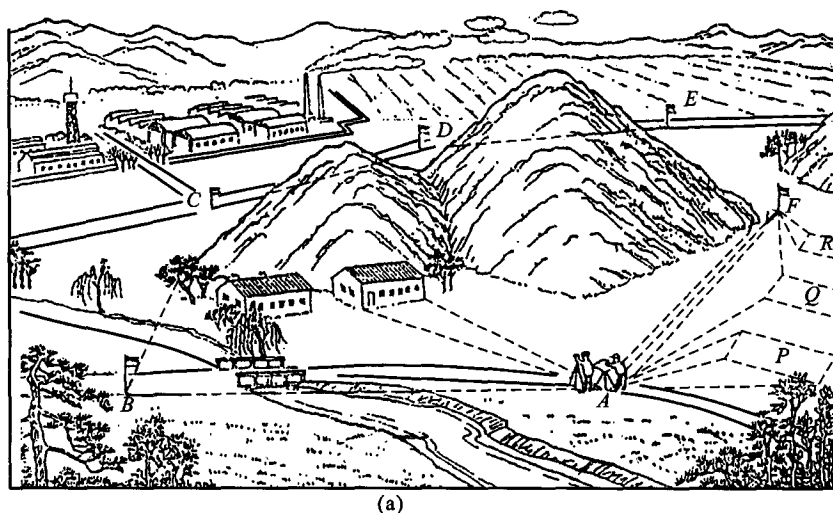


图 1.13 控制测量与碎部测量

测量上是先测定图根控制点后测量碎部点,通常称这种工作程序为“由控制到碎部”的测量程序。当测区较大,需测绘多幅图时,一般是先在整个测区布图根点,然后再在一个一个地局部地区测量碎部点,称为“由整体到局部”的测量程序。遵循这种程序,可以使整个测区连成一体,从而获得大幅完整的地形图;使测量误差分布比较均匀,保证测图的精度;便于分幅测绘,平行作业,加快测图的速度。

在实际测量工作中应当遵守以下基本原则:

① 在测量布局上,应遵循“由整体到局部”的原则;在测量精度上应遵循“由高级到低级”的原则;在测量程序上遵循“先控制后碎部”的原则。

② 在测量过程中,应遵循“随时检查,前一步工作未做检核,不进行下一步工作”的原则。

上述测量工作的原则和程序,不仅适用测图工作,也适合放样测量工作,如图 1.13 中,欲将图上设计好的建筑物 P 、 Q 、 R 测设于实地,作为施工的依据,须先在实地进行控制测量,然后安仪器于控制点 A 、 F 上,按设计要求进行建筑物的放样测量工作。所以,在放样测量工作中也要遵循上述原则。

三、测量的角度单位

测量工作中经常用到的角度单位有“度分秒制”和“弧度制”。

1. 度分秒制

$$1 \text{ 圆周} = 360^\circ, 1^\circ = 60', 1' = 60''$$

2. 弧度制

弧长等于圆半径的圆弧所对的圆心角称为一个弧度,用 ρ 表示。因为整个圆周长为 $2\pi R$,故整个圆周为 2π 弧度。弧度与度分秒的关系如下:

$$\rho = \frac{180^\circ}{\pi}$$

由上式可计算出一个弧度所对应的度数、分数和秒数分别为

$$\rho = \frac{180^\circ}{\pi} = 57.295\,779\,5^\circ \approx 57.3^\circ$$

$$\rho = \frac{180^\circ}{\pi} \times 60 = 3\,437.746\,77' \approx 3\,438'$$

$$\rho = \frac{180^\circ}{\pi} \times 60 \times 60 = 206\,264.806'' \approx 206\,265''$$

思考题与习题

1. 建筑工程测量的基本任务是什么?
2. 何为大地水准面?它在测量中的作用是什么?
3. 什么叫高程、绝对高程、相对高程和高差?
4. 已知 H_A 、 H_B , 写出 A 至 B 及 B 至 A 的高差表达式。
5. $h_{AB} = -16.000 \text{ m}$, 问 A 点高还是 B 点高。