



高职高专土建类工学结合“十三五”规划教材
GAOZHIGAOZHUAN TUJIANLEI GONGXUEJIEHE "SHISANWU" GUIHUA JIAOCAI

建筑工程 测量

JIANZHU GONGCHENG
CELIANG

主 编◎陈兰兰
主 审◎杨青松

本书赠送
学习指导



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

高职高专土建类工学结合“十三五”规划教材

建筑工程测量

主 编 陈 兰 兰

主 审 杨 青 松

副主编 李世海 李扬杰 林 涛

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

本书按照高职高专土建类专业人才培养方案以及建筑工程测量课程标准编写,适合高职高专教学使用。全书共分为五个项目,分别为测量学基础知识、高程测量基础、平面控制测量、地形图测绘与应用、工程测量。在项目的基础上分为十八个任务,分别为测量学基础知识,普通水准测量,三、四等水准测量,角度测量,距离测量,导线测量等。本书配有《建筑工程测量任务学习指导》(另册)。

本书可供建筑工程技术、工程造价、农业水利工程技术、给排水工程施工与运行等专业的高等职业学校教学使用,也可供从事上述专业工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/陈兰兰主编. —武汉:华中科技大学出版社,2016.8
高职高专土建类工学结合“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5680-2085-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 183245 号

建筑工程测量

陈兰兰 主编

Jianzhu Gongcheng Celiang

责任编辑:曾仁高

封面设计:原色设计

责任校对:何 欢

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)81321913

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:22.25

字 数:572千字

版 次:2016年8月第1版第1次印刷

定 价:49.80元(含学习指导)



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

本教材是由贵州轻工职业技术学院教材编写委员会组织编写的,按照高等职业院校建筑工程专业职业岗位需求,以建筑工程测量工作任务为引领,以典型工作任务为中心组织课程内容,在学生自主学习相应工作任务的基础上构建工程测量知识体系,发展职业能力。

本教材共分为五个项目,十八个任务。为突出高职教学特点,强化学生独立思考及解决问题的能力,编写了《建筑工程测量任务学习指导》,该指导书将理论与实践紧密结合,积极调动学生的自主学习能力,解决本教材中提出的重点及难点问题,结合实训增强学生工程测量的基本技能,使学生对工程测量在工程施工中的应用有一个充分的认识,并能较好掌握技能知识并应用于工程施工测量中。

本书编写人员及编写分工如下:贵州轻工职业技术学院陈兰兰【项目一、项目三(任务 3.1、3.3、3.4)、项目四、项目五(任务 5.1、5.2、5.4、5.6)】,李世海【项目二】,李扬杰【项目五(任务 5.3、5.5)】,林涛【项目三(任务 3.2)】。《建筑工程测量任务学习指导》由陈兰兰编写。本书由陈兰兰担任主编,杨青松主审,李世海、李扬杰、林涛担任副主编,全书由陈兰兰统稿。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者

2016 年 3 月

目 录

项目一 测量学基础知识	(1)
任务 1.1 认识测量学	(1)
任务 1.2 测量学基础知识	(2)
项目二 高程测量基础	(14)
任务 2.1 水准测量基础	(14)
任务 2.2 普通水准测量	(23)
任务 2.3 三、四等水准测量	(33)
项目三 平面控制测量	(39)
任务 3.1 角度测量	(39)
任务 3.2 距离测量和直线定向	(59)
任务 3.3 导线测量	(84)
任务 3.4 测量误差的基本知识	(93)
项目四 地形图测绘与应用	(104)
任务 4.1 地形图的基本知识	(104)
任务 4.2 地形图的测绘	(116)
任务 4.3 地形图的识读与应用	(133)
项目五 工程测量	(139)
任务 5.1 工程测量基础	(139)
任务 5.2 建筑工程测量	(148)
任务 5.3 隧道工程测量	(174)
任务 5.4 道路工程测量	(188)
任务 5.5 管道工程测量	(220)
任务 5.6 建筑物变形观测	(224)
参考文献	(231)

项目一 测量学基础知识

项目描述

通过学习本项目,了解测量学的研究对象和作用,理解地球的形状和大小的概念,掌握水准面及大地水准面的定义,了解参考椭球面的概念,了解大地坐标、高斯平面直角坐标概念,掌握独立平面直角坐标的概念,掌握地面点的高程及高差概念,了解用水平面代替水准面的限度及测量工作的基本原则,熟练掌握测量常用度量单位换算。

能力培养要求

1. 具有基本的测量学基础知识。
2. 具有测量常用度量单位换算的能力。

任务 1.1 认识测量学

任务介绍

本任务主要是为了使学生了解测量学的概念、研究对象及在国民经济建设中的作用,即解决“什么是测量学?”“测量学是做什么的?”“为什么要学测量学?”等问题。

学习目标

掌握测量学的定义、研究对象和作用。

任务实施的知识点

1.1.1 测量学的定义及研究对象

测量学是研究和确定地面、地下及空间物体相互位置的一门科学,其主要研究对象有三个方面:一是研究地球的形状和大小,为地球形变、地震预报及空间技术等研究提供资料和数据;二是将地球表面形态和信息测绘成图,即用测量仪器和相应的方式将地球表面的地物、地貌测绘到图纸上,为工程建设提供重要的测绘资料,这个过程一般可称为测定;三是用测量仪器及工具采用一定的方法将图纸上设计好的建筑物和构筑物放样到实地上,以指导施工按照设计要求有序地进行,对应于测定,这个过程可称为测设。另外,建筑物和构筑物在施工过程中或者在运营阶段,为了保证其安全性,需按一定的方式进行变形监测。

1.1.2 测量学的作用

随着社会的发展,测量学也在向专门化、多样化发展。目前,测量学在国民经济建设中起着越来越重要的作用,主要体现在如下几个方面。

(1) 测量是国民经济建设和社会发展规划的一项基础工作。

测量工作称为基础测绘:首先,建立全国统一的测绘基准和测绘系统,建立国家或大区域的精密控制网,为大规模的地形图测绘及工程测量提供高精度的平面及高程控制网;其次,测制和更新国家基本比例尺地形图,建立和更新基础地理信息数据库,及时详尽地反映国土资源的分布情况,直接服务于国土资源管理、生态环境监测、资源调查、土地利用现状及变化趋势调查、水土综合治理等方面。

(2) 测量是工程建设各阶段顺利进行的前提基础。

测量在水利、矿山、道路、军事、工业及民用建筑等工程建设中,起着非常重要的作用,主要体现在工程建设的四个阶段。比如:在工程的规划设计阶段,需要建立服务于工程建设的高等级控制网及施工控制网,测制地形图,为工程建设的选址、选线、设计提供图纸资料;在工程的施工阶段,按照设计要求在实地标定建筑物各部分的位置及高程,为施工定位提供依据;在工程的竣工验收阶段,为了检验工程是否符合设计要求,需要进行竣工测量,竣工测量资料是工程运营管理阶段的重要资料;对于大型和重要工程,运营阶段定期采用一定的方式进行安全监测,及时发现建筑物的变形和位移,评估其稳定性,及时发现异常变化,以便采取安全措施。

(3) 测量是空间科学研究的一项主要基础工作。

测量为空间科学技术和军事用途等提供精确的点位坐标、距离、方位及地球重力场资料。为研究地球形状、大小、地壳升降、板块位移、地震预报等科学问题提供资料。比如:人造卫星、远程导弹、航天器等的发射、精确入轨及轨道校正,需要精确的点位坐标和有关地域的重力场资料。

测量学,在人们的日常生活和社会活动中应用已越来越广泛,例如,交通图已成为司机的必备,电子导航已成为人们出行的首选,各种指示性地图成为人们逛街、购物的引导,等等。

任务 1.2 测量学基础知识

任务介绍

本任务主要使学生了解地球的形状和大小,理解地面点的表示方法,了解大地坐标、高斯平面直角坐标的基本概念,理解独立平面直角坐标的表示形式,理解地面点高程及高差的基本概念,了解水平面代替水准面的范围,了解测量工作的基本原则及掌握常用度量单位的换算。

学习目标

掌握地球形状和测量基准线、基准面,掌握地面点位置的表示方法(平面坐标、高程),水平面代替水准面的限度。

任务实施的知识点

1.2.1 地面点位置的表示方法

1.2.1.1 地球的形状和大小

测量工作的主要任务就是确定地面点的位置,目前已经有很多确定点位的方式,这些方

式都是基于地球建立的,所以,测绘工作者必须对地球的形状和大小有明确的认识。

随着人类科技的发展,人们对地球的认识也越来越清晰。地球是一个两极略扁的椭球,陆地面积约占 29%,海洋面积约占 71%,地球的自然表面是极不规则的,高低起伏,有最高的高峰——珠穆朗玛峰,海拔高程 8844.43 m,最低的深谷——马里亚纳海沟,深达 11034 m。但是,这些高低起伏状态相对于地球来说极其微小;所以,我们可以把地球想象成一个水球,被一个静止状态的海水面包裹起来,这个静止状态的海水面称为水准面。由于海水有潮汐的作用,所以就存在无数个静止状态的海水面,假想将无数个静止状态的海水面取一个平均值,即得到一个所谓的平均海水面,将这个平均海水面延伸穿过所有的大陆和岛屿而形成一一个封闭的曲面,曲面处处与重力方向垂直,这个曲面称为大地水准面。大地水准面所包围的形体,称为大地体,通常用大地体代表地球的一般形状。

通过大地水准面的引入,实际上是将自然地球简化成为大地体,大地体要比自然地球规则得多。但由于地球内部质量分布不均匀,所以,大地水准面仍然是一个不规则曲面,在这个不规则曲面上,是无法进行各种测量计算的,为了能在地球表面上进行测量计算,我们假想以一个和大地体非常接近的、有规则表面的数学形体——旋转椭球体来代替大地体,将它作为测量工作中实际应用的地球形状。

旋转椭球体是由椭圆 $NWSE$ 绕短轴 NS 旋转而成,旋转椭球体还必须通过定位,确定其与大地体的相对关系。如图 1-2-1 所示,在一个国家或一个区域,选择一点 T ,设想把椭球体与大地水准面相切于 T 点, T 点的法线与大地水准面的铅垂线重合,在这个位置上与大地水准面的关系固定下来的椭球体称为参考椭球体。

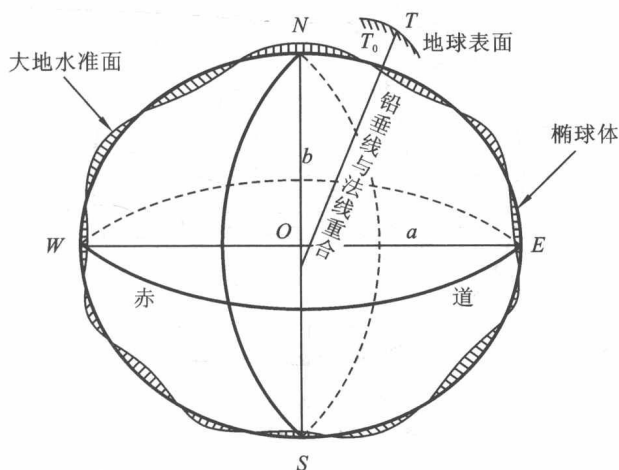


图 1-2-1 大地水准面与椭球面

参考椭球的元素有长半径 a 、短半径 b 和扁率 α 。在参考椭球体的定位中,我国曾采用苏联克拉索夫斯基椭球的定位参数($a=6378245$ m, $b=6356863$ m, $\alpha=1/298.3$),由此椭球建立的坐标系称为 1954 年北京坐标系。由于该椭球面与我国的大地水准面并不吻合,故从 1980 年以后,采用 1975 年国际大地测量与地球物理联合会第十六届大会推荐的椭球参数($a=6378140$ m, $b=6356755$ m, $\alpha=1/298.257$),建立我国新的坐标系,称为 1980 年西安坐标系。该坐标系的大地原点设在陕西省泾阳县永乐镇。1980 西安坐标系在中国经济建设、国防建设和科学研究中发挥了巨大作用。

但是,北京坐标系和西安坐标系都是建立在参考椭球的基础上的,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(地心坐标系)作为国家大地坐标系。2008年3月,由国土资源部正式上报国务院批准,自2008年7月1日起,中国全面启用2000国家大地坐标系。

2000国家大地坐标系是全球地心坐标系在我国的具体体现,其原点为包括海洋和大气的整个地球的质量中心。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 $\alpha=1/298.257222101$

1.2.1.2 确定地面点位的方法

1. 地面点的坐标

1) 大地坐标

用大地经度 L 和大地纬度 B 表示地面点在参考椭球面上投影位置的坐标,称为大地坐标。

如图1-2-2所示, O 为参考椭球的球心, NS 为椭球旋转轴,通过球心 O 且垂直于 NS 旋转轴的平面称为赤道面(WM_0ME),赤道面与参考椭球面的交线称为赤道,通过 NS 旋转轴的平面称为子午面,子午面与椭球面的交线称为子午线,又称经线,其中通过英国格林尼治天文台的子午面和子午线分别称为起始子午面(NM_0SON)和起始子午线(NM_0S)。

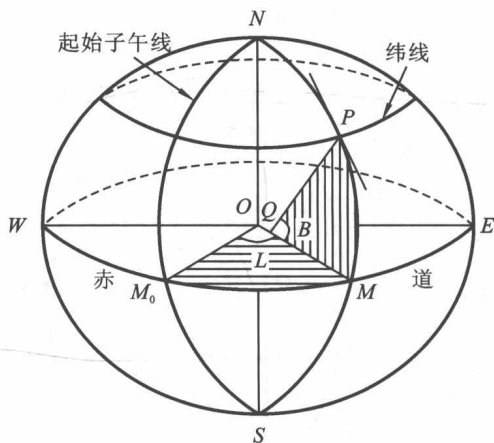


图 1-2-2 大地坐标

P 为参考椭球面上任意一点,过 P 点作与该点切平面垂直的直线 PQ ,称为法线,地面上任意一点都可向参考椭球面作一条法线,它与该点的铅垂线互不重合,铅垂线与法线之间的微小夹角称为垂线偏差,垂线偏差一般在 $5''$ 以内,最大不超过 $1'$ 。地面点在参考椭球面上的投影,即沿着法线投影。

大地经度 L 就是通过参考椭球面上某点的子午面与起始子午面的夹角,由起始子午面起,向东 $0^\circ\sim 180^\circ$,称为东经;向西 $0^\circ\sim 180^\circ$,称为西经。同一子午线上各点的大地经度相等。

大地纬度 B 就是通过参考椭球面上某点的法线与赤道面的夹角,从赤道面起,向北 $0^\circ\sim 90^\circ$,称为北纬;向南 $0^\circ\sim 90^\circ$,称为南纬。纬度相等的各点连线称为纬线,它平行于赤道,也称为平行圈。

地面点的大地经度及大地纬度可通过大地测量确定。

2) 高斯平面直角坐标

大地坐标只能表示地面点在椭球面上的位置。椭球面是一个不可展开的曲面,要将椭球面上的图形描绘在平面上,需要采用地图投影的方法将球面坐标转换成平面坐标。我国采用高斯投影的方法来进行转换,由高斯分带投影建立的坐标系称为高斯平面直角坐标系。因为转换具有一定的规律性,所以,大地坐标和高斯平面直角坐标可以互相转换。

(1) 高斯投影的概念。

如图 1-2-3(a)所示,假设有一个椭圆柱面横套在地球椭球体外面,并与某一条子午线(此子午线称为中央子午线或轴子午线)相切,椭圆柱的中心轴通过椭球体中心,然后用一定的投影方法,将中央子午线两侧一定经差范围内的地区投影到椭圆柱面上,再将此柱面展开即成为投影面,此投影即为高斯投影。高斯投影具有下列性质:

① 中央子午线弧 NS 的投影为一条直线,且投影后长度无变形,其余经线的投影为凹向中央子午线的对称曲线,如图 1-2-3(b)所示;

② 赤道的投影为一条直线,其余纬线的投影为凸向赤道的对称曲线,如图 1-2-3(b)所示;

③ 中央子午线和赤道投影后为互相垂直的直线,成为其他纬线投影的对称轴。而其他经纬线投影后仍保持相互垂直的关系,即投影后角度无变形,故称为正形投影。

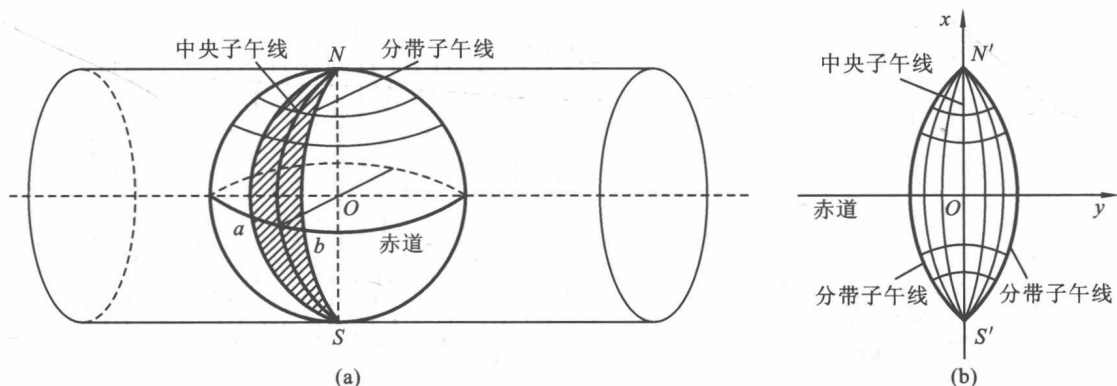


图 1-2-3 高斯投影原理

高斯投影的角度无变形,其长度除中央子午线无变形外,离中央子午线越远其变形就越大,为此采用分带投影来限制其影响。

(2) 投影带的划分。

① 高斯投影 6° 带。

如图 1-2-4 所示,从格林尼治子午线(起始子午线)起,自西向东每隔经差 6° 为一带,称为 6° 带。整个地球分为 60 带,用数字 1~60 顺序编号。每带中央子午线的经度顺序为 $3^\circ, 9^\circ, 15^\circ, \dots$, 可以按照下式计算。

$$L_0 = 6N - 3 \quad (1-2-1)$$

式中 L_0 ——投影带中央子午线的经度;

N ——投影带的带号。

② 高斯投影 3° 带。

如图 1-2-5 所示, 3° 带是从东经 1.5° 的子午线起,自西向东每隔经差 3° 为一带,称为 3°

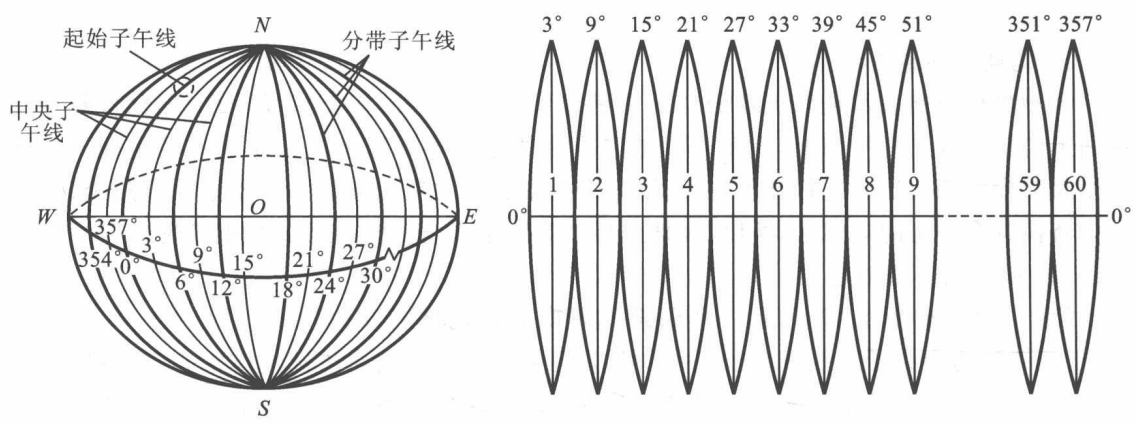


图 1-2-4 高斯投影 6°带

带。整个地球分为 120 带,用数字顺序编号。每带中央子午线的经度顺序为 3°、6°、9°、..., 可以按照下式计算。

$$L'_0 = 3N'$$
 (1-2-2)

式中 L'_0 —— 投影带中央子午线的经度;
 N' —— 投影带的带号。

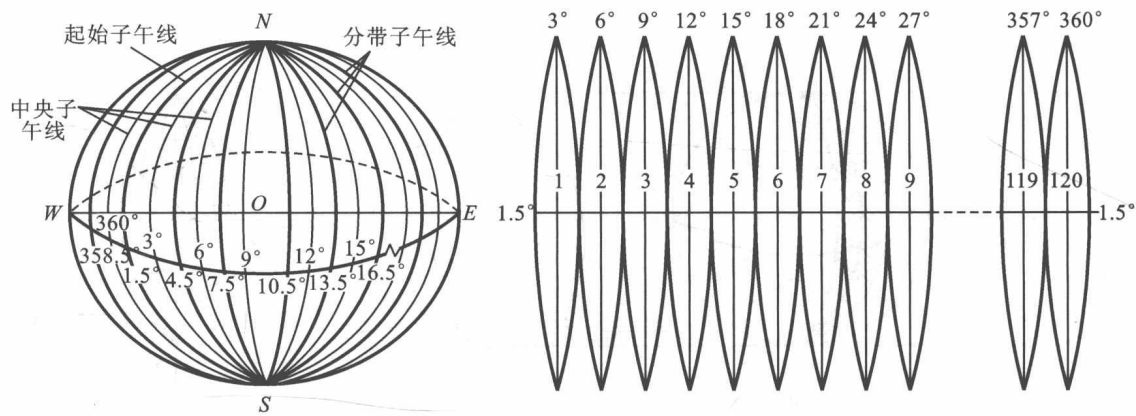


图 1-2-5 高斯投影 3°带

为了满足大比例测图需要,也可划分任意带。

(3) 高斯平面直角坐标。

在投影面上,以中央子午线和赤道的交点 O 作为坐标原点,以中央子午线的投影为纵坐标 x 轴,以赤道的投影为横坐标 y 轴,就组成了高斯平面直角坐标系,如图 1-2-6 所示。

我国位于北半球, x 坐标值均为正, y 坐标值则有正有负。为了避免横坐标出现负值,所以将每带的坐标原点向西平移 500 km。如图 1-2-6(a)所示。

设 $y_A = +24760.1\text{ m}$, $y_B = -32678.5\text{ m}$

将坐标原点向西平移 500 km 后得

$y_A = 500000 + 24760.1 = 524760.1\text{ m}$

$y_B = 500000 - 32678.5 = 467321.5\text{ m}$

如图 1-2-6(b)所示,为了表明该点位于哪一投影带内,还需在横坐标前面加上带号,假设 A 、 B 两点位于中央子午线 111°的 19 带内,则

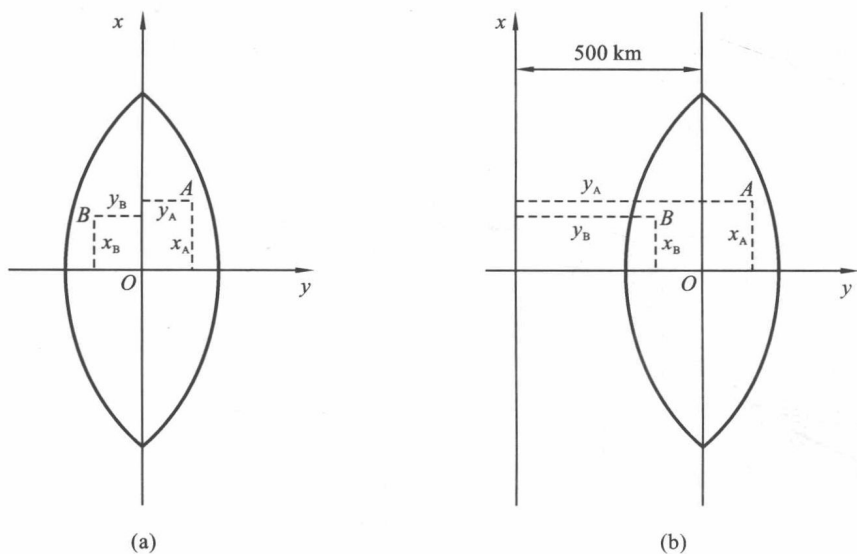


图 1-2-6 高斯平面直角坐标示意图

$y_A = 19524760.1 \text{ m}$

$y_B = 19467321.5 \text{ m}$

所以,把这种在横坐标前面冠以带号并加上 500 km 的横坐标值称为坐标通用值,未加 500 km 和未加带号的值称为坐标自然值。

3) 独立平面直角坐标

当测区范围较小时,可以用水平面代替水准面作为测量的基准面,将地面点沿铅垂线方向垂直投影到水平面上。以南北方向作为 x 轴,向北为正,向南为负;东西方向作为 y 轴,向东为正,向西为负,组成独立平面直角坐标系,为了使坐标皆为正值,一般将坐标原点设在测区的西南角位置。如图 1-2-7 所示。

测量上所采用的平面直角坐标与数学上的平面直角坐标不同。如图 1-2-8 所示,它的纵轴为 x 轴,象限编号从北东方向为第一象限顺时针编号,这样的变换,不影响三角公式及符号规则,所以数学三角公式及规则可直接使用到测量计算中。

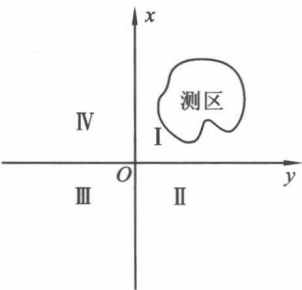


图 1-2-7 独立坐标系示意图

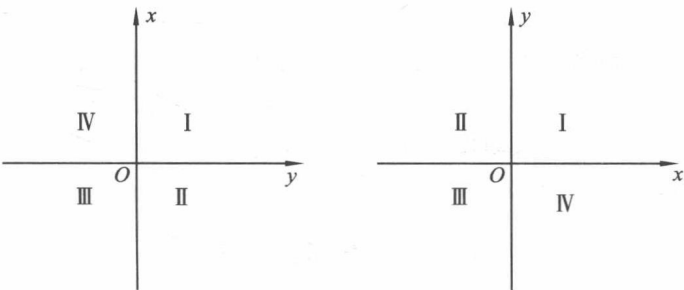


图 1-2-8 测量坐标系与数学坐标系的区别

2. 地面点的高程及高差

高程可分为两种,分别是绝对高程和相对高程。用“ H ”表示。

1) 绝对高程

地面点到大地水准面的铅垂距离称为绝对高程或海拔。

如图 1-2-9 所示,地面上有 A、B 两点,过 A、B 两点分别作铅垂线,该点沿铅垂线方向到大地水准面的距离就是绝对高程,如:A 点的绝对高程就是 H_A ,B 点的绝对高程就是 H_B 。

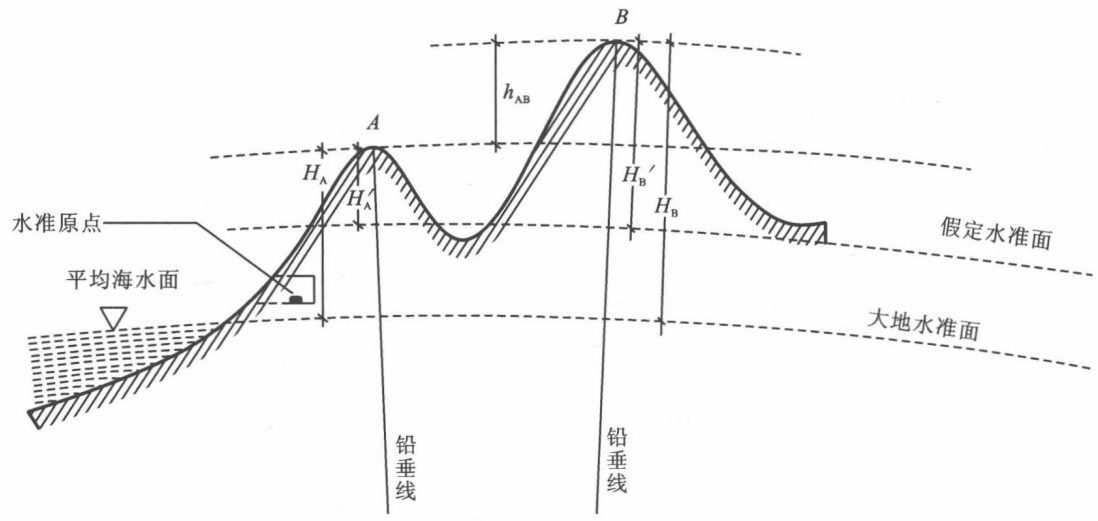


图 1-2-9 地面点的高程与高差

2) 相对高程

地面点到假定水准面的铅垂距离称为相对高程。

如图 1-2-9 所示,过 A、B 两点分别作铅垂线,该点沿铅垂线方向到假定水准面的距离就是相对高程,如:A 点的相对高程就是 H'_A ,B 点的相对高程就是 H'_B 。

3) 高差

地面上两点的高程之差称为高差。用“ h ”表示。

如图 1-2-9 所示,A、B 两点的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \tag{1-2-3}$$

从上式可得出,两点的高差与高程起算面的选择无关,所以,在小区域范围内进行测量工作时,可选择假定高程系统。

我国采用青岛验潮站 1950—1956 年的水位观测资料推算的黄海平均海面作为我国的高程起算面,称为“1956 年黄海高程系”,并在青岛观象山的一个山洞里设置了水准原点,采用精密水准测量方法施测水准原点的高程,其高程为 72.289 m,作为全国各地高程推算的依据。1987 年,国家测绘总局决定启用青岛验潮站 1952—1979 年的水位观测资料确定的黄海平均海面作为我国的高程起算面,称为“1985 年国家高程基准”,重新施测了水准原点的高程为 72.2604 m。

1.2.2 水平面代替水准面的限度

在地形测量中,当测区的面积不大时,可以用水平面代替水准面作为测量的基准面,那么,究竟在多大的范围可以用水平面来代替水准面呢?

1.2.2.1 用水平面代替水准面对距离的影响

如图 1-2-10 所示,设地面上有 A、B 两点,沿着铅垂线投影,A 点沿着铅垂线投影到曲面上为 a 点,又设球面 P 与平面 P'相切于 a 点,B 点沿着铅垂线投影到曲面 P 上为 b 点,投影

到平面 P' 上为 b' 点,地面线 AB 投影到平面的长度为 ab' ,投影到曲面的长度为 ab ,设 $ab = s$, $ab' = s'$,球的半径为 R 。

$$s' = R \cdot \tan\beta$$

$$s = R \cdot \beta$$

用投影到平面的长度 s' 代替投影到曲面的长度 s ,其所产生的误差为

$$\Delta s = s' - s = R \cdot \tan\beta - R \cdot \beta = R(\tan\beta - \beta)$$

根据三角函数的级数公式展开,并略去高次项,得

$$\Delta s = R(\tan\beta - \beta)$$

$$\Delta s = R\left[\left(\beta + \frac{1}{3}\beta^3 + \frac{2}{15}\beta^5 + \dots\right) - \beta\right] = R \frac{1}{3}\beta^3$$

$\beta = \frac{s}{R}$ 代入上式,得:

$$\Delta s = \frac{s^3}{3R^2} \text{ 或 } \frac{\Delta s}{s} = \frac{s^2}{3R^2} \quad (1-2-4)$$

取 $R = 6371 \text{ km}$,并以不同的距离 s 代入上式,可得到距离误差 Δs 和相对误差 $\Delta s/s$ 。见表 1-2-1。

表 1-2-1 水平面代替水准面对距离的影响

距离 s/km	距离误差 $\Delta s/\text{cm}$	相对误差 $\Delta s/s$
10	0.82	1 : 1 200 000
25	12.83	1 : 200 000
50	102.65	1 : 49 000
100	821.23	1 : 12 000

由表 1-2-1 可看出,当距离为 10 km 时,以平面代替曲面所产生的距离相对误差为 1 : 120 万,这样微小的误差,就算是最精密的测距仪也是容许的。因此,在半径为 10 km 的范围内,用水平面代替水准面对距离的影响极小,可以忽略不计。

1.2.2.2 用水平面代替水准面对高程的影响

如图 1-2-10 所示, bb' 即为用水平面代替水准面产生的高程误差。设 $bb' = \Delta h$, 则

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

$$2R\Delta h + \Delta h^2 = s'^2$$

$$\Delta h = \frac{s'^2}{2R + \Delta h}$$

由于 $s \approx s'$, 同时 Δh 与 R 比较, Δh 极小,可以忽略不计,所以,上式可转换为

$$\Delta h = \frac{s^2}{2R} \quad (1-2-5)$$

以不同的距离代入上式,可得到高程误差,见表 1-2-2。

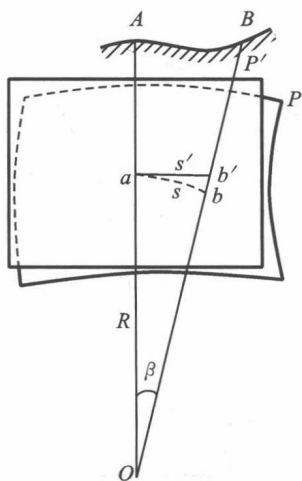


图 1-2-10 水平面代替水准面的影响

表 1-2-2 水平面代替水准面对高程的影响

s/km	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1	2	5	10
Δh /cm	0.08	0.31	0.71	1.26	1.96	7.85	31.39	196.20	784.81

由表 1-2-2 可知,用水平面代替水准面对高程的影响极大,所以,在高程测量中即使距离很短的情况下,也必须考虑地球曲率对高程的影响。

1.2.3 点位的测定原理及测量工作原则

1.2.3.1 地物特征点的测定原理

传统测量工作,需要测定某个地方的地形图,如图 1-2-11 所示。首先将仪器安置在一个

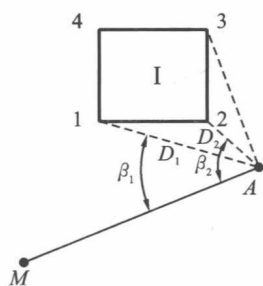


图 1-2-11 地物特征点测定原理

点上,这个点称为测站点,在 A 点上安置仪器,照准另外一个已知点 M 点,测出 AM 直线与 A1 直线的夹角 β_1 , A 点到 1 点的距离 D_1 ,就可确定出 I 栋房屋的 1 点,测出 AM 直线与 A2 直线的夹角 β_2 , A 点与 2 点的距离 D_2 ,就可确定出 I 栋房屋的 2 点,以此方法可得出房屋其他点的位置信息,从而测绘成图。

这些能够表示出地物与地貌轮廓的转折点、交叉点、曲线上的方向变换点、天然地貌的山顶、鞍部、山谷、山脊等地物与地貌的外貌特征性质的点,称为特征点。地形

测绘就是测定出地物及地貌特征点的位置,并通过特征点之间的相互关系绘制成图。

1.2.3.2 测量工作的基本原则

如果在施测的过程中,如图 1-2-12 所示,在 A 点施测完周围的地物和地貌之后,同时测定 B 点的位置,然后将仪器安置到 B 点进行观测,继而测定 C 点的位置,又在 C 点上继续观测,一直往前推进,如此直至测完整个测区。采取这样的方式测量,由于每一站都会有误差,如 A 点观测 B 点时产生了角度误差 $\Delta\beta$ 、距离误差 $\Delta D'$,使 B 点的平面位置移至 B' ;用 B' 点施测 II 栋房屋,使 II 栋房屋从正确的位置 5-6-7-8 移至 $5'-6'-7'-8'$,由于 B 站的误差,C 点的位置移至 C' ,又因 B 测站测定 C 点时又产生角度误差 $\Delta\beta'$,距离误差 $\Delta D''$ 致使 C 点的位置最终移至 C'' ,以至于 III 栋房屋从 9-10-11 位置移至 $9'-10'-11'$,产生极大的位移。如我们按照此方法往前推进,最后误差会越来越大,就不能得到一幅满足精度要求的地形图。

所以,测量中为了防止误差的过量累积,应该先在测区里布设一定数量及密度的控制点,采用较为精密的测量方法测定这些控制点的距离、角度和高差,采用相关的数学知识,推算出这些控制点的坐标和高程。当然,目前我们还可以通过全球卫星定位系统,直接测定出控制点的精确坐标及较为精确的高程,这个过程称为控制测量。然后用这些具有精确坐标的控制点去施测它周围的地物地貌,这个过程称为碎部测量。由于控制测量中所测定的控制点都满足相应的精度要求,在每个控制点上施测所产生的误差只影响局部,不致影响全局,这就是测量的基本原则“先整体后局部,先控制后碎部”的具体体现。如图 1-2-12 所示,如果 A、B、C 三点都具有同样高的精度,就不会产生越来越大的累积误差。

施工放样同样遵循这样的原则,先布设施工控制网,然后再将建筑物的细部轮廓测设到实地地上。

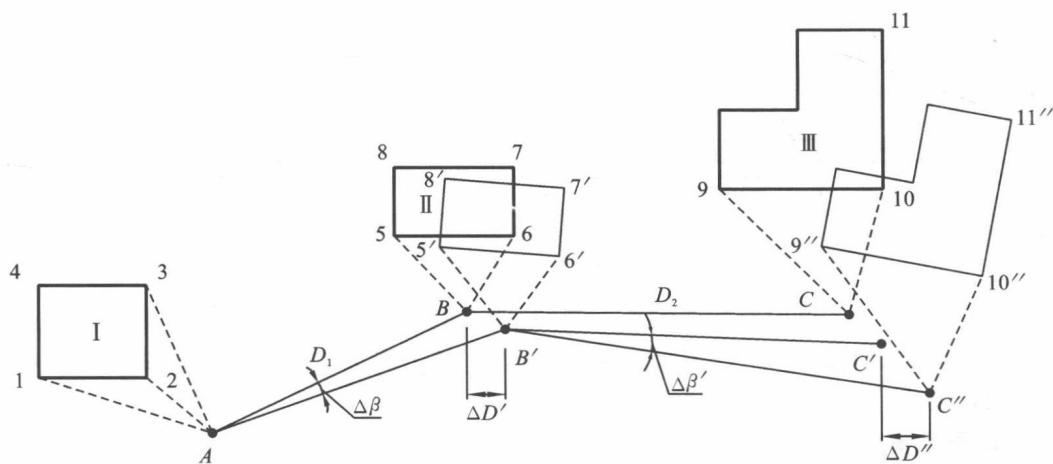


图 1-2-12 测量误差累计对地形测图的影响

1.2.4 地形图的认识

1.2.4.1 地形图、平面图、地图的概念

将地面上的地物、地貌沿铅垂线方向投影到水平面上,再按一定的比例和图式符号缩绘到图纸上,既能表示地物的平面位置,又能表示地表的起伏状态的图称为地形图。

只能表示地物平面位置而不反映地表的起伏状态的图称为平面图。

将地面上的自然、社会、经济等现象按一定的数学法则,并遵循制图原则绘制成的图称为地图。

1.2.4.2 地形图的比例尺

1. 比例尺的概念

地形图上的线段长度和地面相应长度之比称为地形图比例尺。

$$\text{比例尺} = \frac{d}{D} = \frac{1}{D/d} = \frac{1}{M} \quad (1-2-6)$$

式中 d ——线段的图上长度;

D ——线段的实地长度;

M ——比例尺分母。

例如,图上长度为 1 cm,实地长度为 10 m,则该幅图的比例尺为 1 : 1000。

2. 比例尺的分类

1) 数字比例尺

以分子为 1 的分数形式表示的比例尺称为数字比例尺。 $1/M$ 。

数字比例尺的分母越大,比例尺越小,图上表示的地物、地貌越粗略;反之,分母越小,比例尺越大,图上表示的地物、地貌也越详细。在地形图测量中,一般可将比例尺划分为大比例尺(1/500, 1/1000, 1/2000, 1/5000),中比例尺(1/10 000, 1/25 000),小比例尺(1/5 万、1/10 万)三类。

2) 图示比例尺

常见的图示比例尺为直线比例尺。

如图 1-2-13 所示,在图上绘制一条线段,在线段上截取基本单位 1 cm 或 2 cm 分成若干大格,左边的一大格平分成十小格,大小格分界处标注为 0,其他标注代表实地长度,这种比例尺称为直线比例尺。

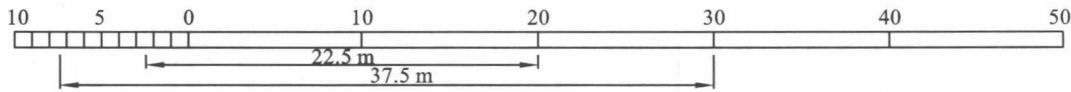


图 1-2-13 直线比例尺

图 1-2-13 为 1 : 500 的直线比例尺。例如,图上有两段长度需要求得其实地长度,可采用分规进行比量,分规的一个针尖对准整分划,另一针尖对准直线比例尺左边的小格,即可读出实地长度值,如图两段长度的实地长度为 22.5 m、37.5 m。

3. 比例尺精度

一般认为,正常人的眼睛只能分辨出图上大于 0.1 mm 的两点间的距离。图上 0.1 mm 代表的实地水平距离称为比例尺精度,用 δ 表示。

$$\delta = 0.1 \text{ mm} \times M \tag{1-2-7}$$

由此可得不同比例尺的比例尺精度,如表 1-2-3 所示。

表 1-2-3 比例尺精度

比例尺	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000	1 : 10000
比例尺精度/m	0.05	0.10	0.20	0.50	1.00

根据比例尺精度可以选择测图比例尺的大小和测绘地形图时需要达到的精确程度。

例如,某工程设计要求,在地形图上能显示出相应实地 0.1 m 的线段精度,那么,该地形图比例尺不应小于 1 : 1000。

$$\frac{1}{M} = \frac{0.1 \text{ mm}}{0.1 \text{ m}} = \frac{1}{1000}$$

1. 2. 5 测量上常用的度量单位

测量上常用的度量单位有长度、角度、面积等度量单位,下面分别介绍这三种常用的度量单位。

1. 2. 5. 1 长度单位及其换算关系

长度单位及其换算关系,见表 1-2-4。

表 1-2-4 长度单位及其换算关系

公 制	市 制
1 千米(km)=1000 米(m)	1 市尺=10 市寸
1 米(m)=10 分米(dm)	1 市尺=100 市分
1 米(m)=100 厘米(cm)	1 市尺=1000 市厘
1 米(m)=1000 毫米(mm)	1 米=3 市尺
1 米(m)=1 000 000 微米(μm)	1 千米=2 市里