

高职高专土建类专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN TUJIANLEI ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

工程测量

GONGCHENG CELIANG

华英杰 主 编

魏 林 徐开辉 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

高职高专土建类专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN TUJIANLEI ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

工程测量

GONGCHENG CELIANG

华英杰 主 编

魏 林 徐开辉 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以“必需、够用”为原则,以培养技能型人才为目标进行编写。全书共设置12个模块,主要内容包括绪论,水准仪与高程测量,经纬仪及角度测量,距离测量和直线定向,全站仪,测量误差的基本知识,小地区控制测量,大比例尺地形图及其测绘,地形图的应用,道路工程测量,桥隧施工测量及全球定位系统简介,在介绍测量原理、方法和常规测量仪器的基础上,对新型电子仪器的测量原理和使用方法、现代测绘技术的应用也作了相应介绍。本书图文结合,强调实践,注重与职业资格考试和职业岗位的对接,力求接近工程实际,同时配有大量习题,强化训练,为考试复习提供参考。

本书可作为高职土建、交通等专业的教材或参考资料,也可作为测量人员培训、成人教育及工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量/华英杰主编. —北京:中国电力出版社,2015.8

高职高专土建类专业规划教材

ISBN 978-7-5123-7436-2

I. ①工… II. ①华… III. ①工程测量—高等职业教育—教材 IV. ①TB22

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第058590号

中国电力出版社出版发行

北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:王晓蕾 联系电话:010-63412610

责任印制:蔺义舟 责任校对:马 宁

航远印刷有限公司印刷·各地新华书店经售

2015年8月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·12.25印张·293千字

定价:32.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

本书内容的选取紧紧围绕高技能人才所要求的“以能力培养为目标，工学结合”的主线，构建了土建类专业工程测量实际应用的教学内容和体系。阐述了测量学的基本理论以及仪器的操作和使用方法，从常规技术到新技术新方法，较全面地介绍了工程测量技术在公路、桥梁、隧道工程上的应用，适用于高职土建类专业。

本书具有以下特点。

1. 重点突出，主次分明。
2. 贯彻交通部颁发的新规范，保证了教材的时效性。
3. 全站仪和 GPS 的内容注重使用方法的介绍，以便能够更直观地进行仪器的学习。
4. 每个模块分成若干个课题，内容层次分明，便于自学。

本书由华英杰任主编，魏林和徐开辉任副主编，曹永鹏、赵鹏、吴志祥参与编写。具体编写分工为：天津交通职业学院华英杰编写模块七、模块八和模块九，并负责全书的统稿；天津交通职业学院魏林编写模块四、模块十和模块十一；天津交通职业学院徐开辉编写模块一、模块六和模块十二；新疆交通职业技术学院曹永鹏编写模块二和模块三；天津交通职业学院赵鹏、吴志祥共同编写模块五。

由于编者水平有限，书中错漏难免，恳请读者提出宝贵意见。

编者

2015 年 6 月

目 录

前言	
模块一 绪论	1
课题一 工程测量的内容及发展趋势	1
课题二 地理坐标系及高程系统	3
课题三 测量工作概述	8
课题四 测量学发展简史及作用	10
模块二 水准仪与高程测量	13
课题一 水准测量的原理及仪器	13
课题二 水准测量的方法	18
课题三 水准测量的内业	22
课题四 水准仪的检验与校正	24
课题五 水准测量的误差及注意事项	26
模块三 经纬仪及角度测量	29
课题一 角度测量原理及仪器	29
课题二 水平角测量	32
课题三 竖直角测量	36
课题四 光学经纬仪的检验与校正	40
课题五 角度测量的误差及注意事项	43
模块四 距离测量和直线定向	45
课题一 钢尺量距	45
课题二 视距测量	49
课题三 直线定向	52
课题四 罗盘仪的构造与使用	55
模块五 全站仪	57
课题一 全站仪结构及原理	57
课题二 全站仪基本测量模式	59
模块六 测量误差的基本知识	66
课题一 测量误差的来源及分类	66
课题二 衡量精度的标准	69
课题三 算术平均值及其中误差	70
课题四 误差传播定律	72
课题五 非等精度误差简介	74
模块七 小地区控制测量	75
课题一 平面控制测量	75

课题二 高程控制测量	86
模块八 大比例尺地形图及其测绘	92
课题一 地物地貌的表示方法	92
课题二 平板仪及其使用	99
课题三 测图前的准备工作及测站点的增补	101
课题四 碎部测量	104
课题五 全站仪数字化测图	108
模块九 地形图的应用	110
课题一 地形图的分幅与编号	110
课题二 地形图的阅读	114
课题三 地形图的基本应用	116
模块十 道路工程测量	123
课题一 路线交点和转点测设	123
课题二 路线转角的测定和里程桩的设置	126
课题三 圆曲线测设	128
课题四 缓和曲线的测设和复曲线的测设	133
课题五 路线纵断面测量	140
课题六 横断面测量	146
模块十一 桥隧施工测量	151
课题一 桥梁施工测量	151
课题二 隧道施工测量	161
模块十二 全球定位系统简介	167
课题一 GPS 全球定位系统的建立	167
课题二 GPS 定位的基本原理	168
课题三 GPS 定位测量的设计	169
课题四 GPS 测量的外业实施	173
课题五 GPS 测量的内业计算	180
课题六 实时动态 (RTK) 定位技术简介	180
课题七 GNSS 系统简介	184
参考文献	187

模块一 绪 论

课题一 工程测量的内容及发展趋势



学习目标

了解工程测量的主要工作内容及应用。

了解工程测量现状和发展趋势。

工程测量是直接为国民经济建设和国防建设服务，与生产实践紧密结合的学科。随着测绘科技的飞速发展，工程测量技术的面貌发生了深刻变化，并取得了很大成就。

主要体现：一是科学技术的新成就——电子计算机技术、电子技术、激光技术、空间技术等新技术的发展与应用，以及测绘科技本身的进步，为工程测量技术提供了新的方法和手段；二是改革开放以来，城市建设不断扩大，各种大型建筑物和构筑物的建设工程、特种精密建设工程等不断增多，对工程测量不断提出新任务、新课题和新要求。所有这些使工程测量的服务领域不断拓宽，测量数据采集和处理的自动化、实时化、数字化程度不断提高；测量数据的管理不断科学化、标准化、规格化；测量数据传播与应用的网络化、多样化、社会化。GPS 技术、ITS 技术、GIS 技术、数字化测绘技术以及先进地面测量仪器等广泛应用于工程测量中，并逐渐发挥主导作用。所有这些都有力地推动和促进了工程测量事业的进步与发展。

一、先进的地面测量仪器在工程测量中的应用

20 世纪 80 年代以来，出现了许多先进的地面测量仪器，为工程测量提供了先进的工具和技术手段。如光电测距仪、精密测距仪、电子经纬仪、全站仪、电子水准仪、数字水准仪、激光直仪、激光扫平仪等，为工程测量向现代化、自动化、数字化方向发展创造了有利条件，改变了传统的工程控制网布网、地形测量、道路测量和施工测量等的作业方法。三角网已被三边网、边角网、导线网所替代；具有自动跟踪和连续显示功能的测距仪用于施工放样测量；无需棱镜的测距仪解决了难以攀登和无法到达的测量点的测距工作；全站型电子速测仪是细部测量的理想的仪器；精密测距仪的应用代替了传统的基线丈量。

二、GPS 定位技术在工程测量中的应用

GPS 是美国从 20 世纪 70 年代开始研制，历时 20 年，耗资 200 亿美元，于 1994 年全面建成，是具有海、陆、空全方位实施三维导航与定位能力的新一代卫星导航与定位系统，能够一次性确定三维坐标，具有高速度、高精度、低成本、操作简单的特点。随着 GPS 定位技术的不断改进，软、硬件的不断完善，长期使用的测角、测距、测高差为主体的常规地面定位技术，正在逐步被 GPS 技术所代替。在我国 GPS 定位技术的应用已深入各个领域，国家大地网、城市控制网、工程控制网的建立与改造已普遍使用 GPS 技术，在石油勘探、高

速公路、通信线路、地下铁路、隧道通、建筑变形、大坝监测、山体滑坡、地震的形变监测、海岛或海域测量等也已广泛使用。随着 GPS 差分定位技术和 RTK 实时差分定位系统的发展和美国 AS 技术的解除,单点定位精度不断提高,GPS 技术在导航、运载工具实时监控、石油物探点定位、地质勘查剖面测量、碎部点的测绘与放样等领域将有更加广泛的应用前景。

三、数字化测绘技术在工程测量中的应用

数字化测绘技术在测绘工程领域得以广泛应用,促使大比例尺测图技术向数字化、信息化方向发展。大比例尺地形图和工程图的测绘,历来是城市与工程测量的重要内容和任务。常规的成图方法是一项脑力和体力劳动结合的艰苦的野外工作,同时还有大量的室内数据处理和绘图工作,成图周期长,产品单一,难以适应飞速发展的城市建设和现代化工程建设的需要。电子经纬仪、全站仪的应用和 GeoMap 系统的出现,能够把野外数据采集的先进设备与微机及数控绘图仪三者结合起来,形成一个从野外数据采集、数据处理、图形编辑和绘图的自动测图系统。系统的开发研究主要面向城市大比例尺基本图、工程地形图、带状地形图、纵横断面图、地籍图、地下管图等各类图件的自动绘制。系统可直接提供纸图,也可提供软盘,为专业设计自动化,建立专用数据库和基础地理信息系统打下基础。自 20 世纪 80 年代以来,我国数字化测绘技术的开发研究和应用发展很快,成效显著。由于技术标准和规范不同,国外研究成功的数字化测绘系统不适合我国实情难以推广应用,因此只有依靠自主研究开发。1987 年,北京市测绘设计研究院在国内首先完成了“大比例尺数字化测图系统”的软件开发,并通过技术鉴定,1990 年被建设部列为第一批技术推广应用项目之一,在 80 多个城市和工程测量单位推广应用,同时又有十几个大专院校、仪器公司和工程测量单位,先后开发和研制出多个类似的数字测图系统软件。

四、摄影测量技术在工程测绘中的应用

摄影测量技术已越来越广泛地城市和工程测绘领域中得以应用。高质量、高精度的摄影测量仪器与计算机技术相结合,使得摄影测量能够提供完全、实时的三维空间信息,不需要接触被测物体,而且减少了野外作业工作量,具有测量高效、高精度等特点,在城市

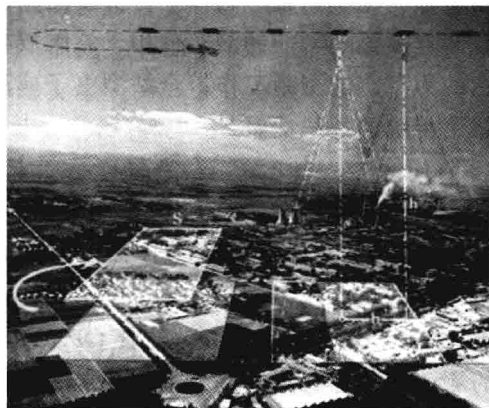


图 1-1 航测大比例尺地形图

建设和工程大比例尺地形测绘、地籍测绘、公路、铁路以及长距离通信和电力选线、描述被测物体状态、建筑物变形监测、文物保护和医学异物定位中都起到了一般测量难以起到的作用,具有广泛的应用前景。全数字摄影测量工作站的出现,为摄影测量技术应用提供了新的技术手段和方法,该技术已在一些大中城市和大型工程勘察单位有所引进和应用。航空摄影测量是进行城市大面积大比例尺地形图、地籍图测绘与更新以及大型工程勘测的重要手段与方法(图 1-1),它可以提供数字、影像、线划等多种形式的地图。目前,我国有 100 多个城

市和工程测量单位利用航测技术测绘大比例尺地形图和地籍图，最大比例尺为 1:500，采用的仪器除利用高精度的模拟测图仪和解析测图仪外，还用立体坐标测图仪与计算机连接进行数据采集，经计算机数据处理输入绘图机自动绘图。

五、工程测量技术的发展展望

展望 21 世纪，工程测量将在以下方面得到显著发展：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、图形和数据处理能力进一步增强。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，解决工程建设以及运行期间的安全监测、灾害防治和环境保护等各种问题。建筑业大型复杂结构建筑、设备的三维测量，几何重构及质量控制，以及现代工业生产的自动化流程、生产过程控制、产品质量检验与监控的数据和定位要求越来越高，将促使三维测量技术进一步发展。工程测量将从土木工程依靠测量、三维工业测量扩展到人体科学测量。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。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。在人类活动中，工程测量无处不在、无时不用，只要有建设就必然存在工程测量，因而其发展和应用的前景是广阔的。



思考与练习

1. 工程测量的主要内容是什么？
2. 工程测量今后的发展趋势怎样？

课题二 地理坐标系及高程系统



学习目标

- 了解地理坐标系及表示方法。
- 了解认识高程系统。
- 认识高斯平面直角坐标系。

测量工作是在地球表面进行的，而地球自然表面很不规则，有高山、丘陵、平原和海洋。其中，最高的珠穆朗玛峰高出海水面达 8844.43m，最低的马里亚纳海沟低于海平面达 11 022m。但是，这样的高低起伏相对于地球半径 6371km 来说还是很小的。此外，海洋面积约占整个地球表面的 71%，陆地面积仅占约 29%。因此，人们把海水面所包围的地球形体看作地球的形状。由于地球的自转运动，地球上任一点都要受到离心力和地球引力的双重作用，这两个力的合力称为重力，重力的方向线称铅垂线。

研究表明，地球近似于椭球，长短半轴之差约为 21.3km，如图 1-2 所示。

静止的水面称为水准面，水准面是受地球重力影响而形成的，是一个处处与重力方向垂直的连续曲面，并且是一个重力场的等位面。与水准面相切的平面称为水平面。水面可高可低，因此符合上述特点的水准面有无数多个，其中与平均海水面吻合并向大陆、岛屿内延伸

而形成的闭合曲面,称为大地水准面。大地水准面是测量工作的基准面,水平面和铅垂线是测量工作的基准线,由大地水准面所包围的地球形体,称为大地体,具体如图 1-3 所示。

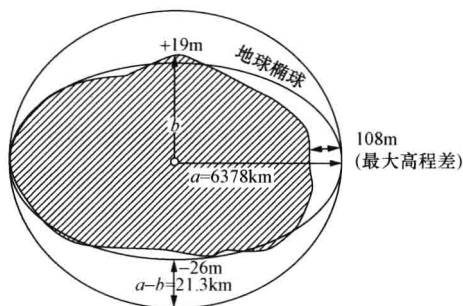


图 1-2 地球形状

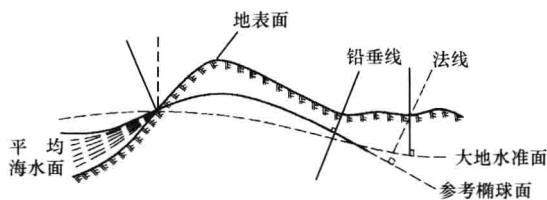


图 1-3 大地水准面

用大地体表示地球形状是恰当的,但由于地球内部质量分布不均匀,引起铅垂线的方向产生不规则的变化,致使大地水准面成为一个复杂的曲面,无法在这个曲面上进行测量数据处理,因此设想用一个与大地体非常接近而又能用数学式表述的规则球体即旋转椭球体来代表地球的形状,如图 1-4 所示。

旋转椭球体由长半径 a (或短半径 b) 和扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 所决定。

我国目前采用的元素值为长半径 $a=6\,378\,140\text{m}$, 并选择陕西泾阳县永乐镇某点为大地原点进行大地定位,并由此建立了全国统一坐标系,这就是现在使用的“1980 年国家大地坐标系”。

一个点的位置需用三个独立的量来确定。在测量工作中,这三个量通常用该点在参考椭球面上的铅垂投影位置和该点沿投影方向到大地水准面的距离来表示。其中,前者由两个量构成,称为坐标;后者由一个量构成,称为高程。也就是说,我们用地面点的坐标和高程来确定其位置。

一、球面坐标系

1. 天文地理坐标系

又称天文坐标,是用天文经度 λ 和天文纬度 φ 来表示地面点在大地水准面上位置,如图 1-5 所示。

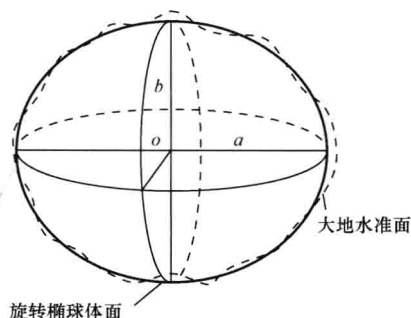


图 1-4 大地水准面与地球旋转椭球体示意图

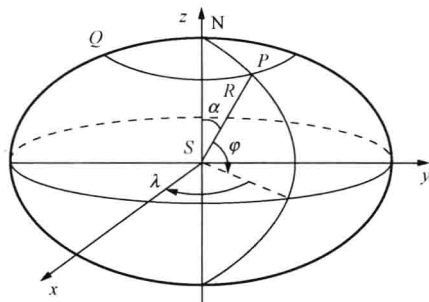


图 1-5 天文坐标系

2. 大地地理坐标系

又称大地坐标，是建立在地球椭球面上的坐标系，用大地经度 L 和大地纬度 B 来表示地面点投影在地球椭球面上的位置（图 1-6）。地球椭球面和法线是大地地理坐标系的主要面和线。

3. 地图投影平面坐标系

（1）高斯平面直角坐标系。高斯投影的概念：当测区范围较大时，要建立平面坐标系，就不能忽略地球曲率的影响，为了解决球面与平面的矛盾，必须采用地图投影的方法将球面上的大地坐标转换为平面直角坐标。目前我国采用的是高斯投影，高斯投影是由德国数学家、测量学家高斯提出的一种横轴等角切椭圆柱投影，该投影解决了将椭球面转换为平面的问题。从几何意义上看，就是假设一个椭圆柱横套在地球椭球体外并与椭球面上的某一条子午线相切，这条相切的子午线称为中央子午线。假想在椭球体中心放置一个光源，通过光线将椭球面上一定范围内的物象映射到椭圆柱的内表面上 [图 1-7（a）]，然后将椭圆柱面沿一条母线剪开并展成平面 [图 1-7（b）]，即获得投影后的平面图形 [图 1-7（c）]。该投影的经纬线图形有以下特点：

- 1) 投影后的中央子午线为直线，无长度变化。其余的经线投影为凹向中央子午线的对称曲线，长度较球面上的相应经线略长。
- 2) 赤道的投影也为一直线，并与中央子午线正交。其余的纬线投影为凸向赤道的对称曲线。
- 3) 经纬线投影后仍然保持相互垂直的关系，说明投影后的角度无变形。

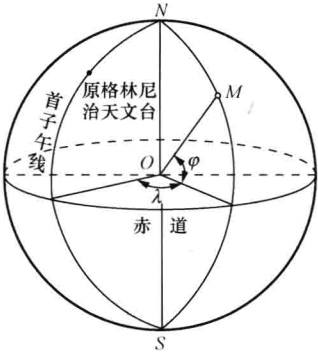


图 1-6 地理坐标

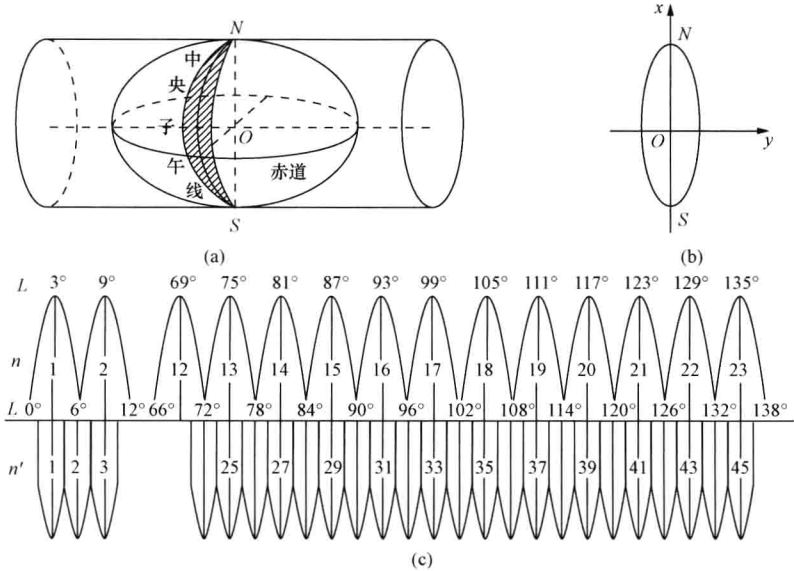


图 1-7 高斯投影

高斯投影没有角度变形，但有长度变形和面积变形，离中央子午线越远，变形就越大。为了对变形加以控制，测量中采用限制投影区域的办法，即将投影区域限制在中央子午线两

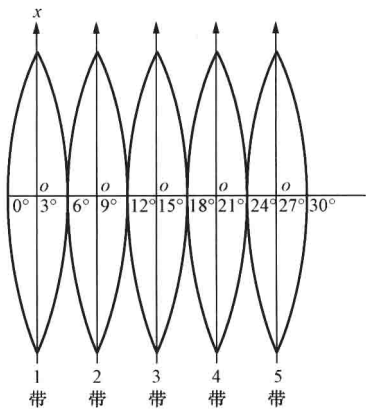


图 1-8 投影分带

侧一定的范围，这就是所谓的分带投影，投影带一般分为 6°带和 3°带两种，如图 1-8 所示。

6°带投影是从英国格林尼治起始子午线开始，自西向东，每隔 6°为一个带，将地球分成 60 个带，其编号分别为 1, 2, …, 60。任一带的中央子午线经度可用下式计算

$$\lambda_0 = 6N - 3^\circ \quad (1-1)$$

式中 N ——6°带的带号。6°带的最大变形在赤道与投影带最外一条经线的交点上，长度变形为 0.14%，面积变形为 0.27%。

3°投影带是在 6°带的基础上划分的。每 3°为一个带，共 120 个带，其中央子午线在奇数带时与 6°带中央子午线重合，每个带的中央子午线经度可用下式计算

$$\lambda' = 3n \quad (1-2)$$

式中 n ——3°带的带号，3°带的边缘最大变形为长度 0.04%、面积 0.14%。

我国领土位于东经 72°~136°，共包括了 11 个 6°投影带，即 13°~23 带；22 个 3°投影带，即 24°~45 带。成都位于 6°带的第 18 带，中央子午线经度为 105°。

高斯平面直角坐标系的建立：通过高斯投影，将中央子午线的投影作为纵坐标轴，用 x 表示，将赤道的投影作为横坐标轴，用 y 表示，两轴的交点作为坐标原点，由此构成的平面直角坐标系称为高斯平面直角坐标系。对应于每一个投影带，就有一个独立的高斯平面直角坐标系，区分各带坐标系则利用相应投影带的带号。

在每一个投影带内， y 坐标值有正有负，这对计算和使用均不方便，为了使 y 坐标都为正值，将纵坐标轴向西平移 500km（半个投影带的最大宽度不超过 500km），并在 y 坐标前加上投影带的带号，如图 1-9 所示。

(2) 独立测区的平面直角坐标。当测区范围较小时，可以将水平面作为投影面，地面点在水平面上的投影位置可以用平面直角坐标表示。

测量上选用的平面直角坐标系，规定纵轴为 x 轴，与南北方向一致，即向北为正，向南为负；横轴为 y 轴，与东西方向一致，即向东为正，向西为负。测量时只要知道了地面点的坐标值 x 、 y ，它的平面位置也就确定了，如图 1-10 所示。

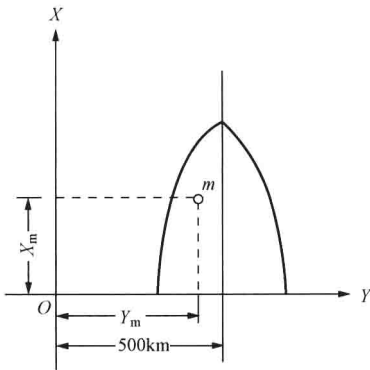


图 1-9 高斯平面直角坐标

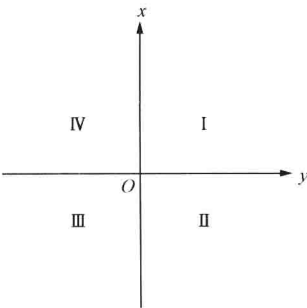


图 1-10 测量平面直角坐标系

坐标系原点为 O ，可按实际情况选定。通常原点设在测区的西南角，以避免坐标出现负值。坐标系的象限以北东开始按顺时针方向记为 I、II、III、IV 四个象限排列。

测量坐标系与数学坐标系的区别在于坐标轴互换，象限顺序相反，目的是为了测量工作中的计算方便，将数学中的三角公式直接应用到测量上的方向和坐标计算，而不需作任何变换。

二、地面点的高程

1. 高程

地面点到大地水准面的铅垂距离，称为绝对高程，亦称为海拔，用 H 表示。两点间的高程之差称为高差，用 h 表示，如图 1-11 所示。图中，地面点 A 和 B 的绝对高程分别为 H_A 和 H_B ，两点间的高差为 $h_{AB} = H_B - H_A$ 。

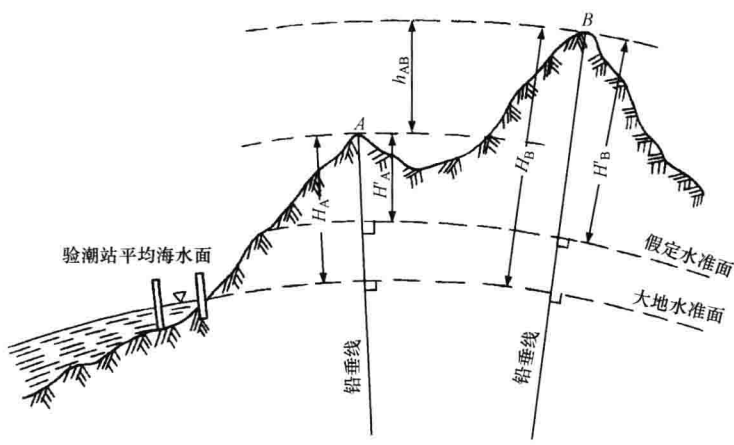


图 1-11 绝对高程、相对高程与高差之间的相互关系

2. 相对高程

地面点到假定水准面的铅垂距离，称为相对高程或假定高程，用 H' 表示。

三、用水平面代替水准面和限度

用水平面代替水准面，只有当测区范围很小、地球曲率影响未超过测量和制图的容许误差且可以忽略不计时，才可以把大地水准面看做水平面。下面讨论测区范围多大时，才可以用水平面代替水准面。

1. 用水平面代替水准面对距离的影响

如图 1-12 所示，地面上 A 、 B 两点沿铅垂方向投影到大地水准面上的弧长为 S ，用水平面来代替大地水准面，设 A 、 B 两点投影在水平面上的距离为 D ，则两者之差 ΔD 就是用水平面代替水准面，即地球曲率对距离的影响值。讨论中为叙述方便，将水准面近似地看成圆球，半径 $R=6371\text{km}$ 。 ΔD 与地球半径 R 的关系为

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2}$$

(1-3)

根据不同的距离 D 值代入式 (1-3) 中，可得到表 1-1 所列的结果。

表 1-1

水平面代替水准面对测距的影响

D/km	$\Delta D/\text{km}$	$\Delta D/D$
10	0.82	1/1 200 000
20	6.57	1/304 000
50	103	1/48 500

由表 1-1 可知, 当 $D=10\text{km}$ 时, 用水平面代替水准面所引起的误差为距离的 $1/1\,200\,000$, 目前最精密的距离丈量误差为 $1/1\,000\,000$ 。

由此可以得出结论: 在半径为 10km 的测区范围内进行距离测量时, 可以用水平面代替水准面, 不考虑地球曲率对距离的影响。

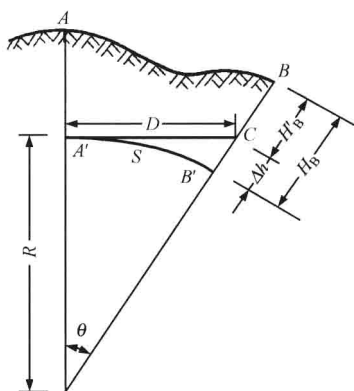


图 1-12 水平面代替水准面

2. 用水平面代替水准面对高程的影响

如图 1-12 所示, $(R+\Delta h)^2=R^2+D^2$ 中的 Δh 就是用水平面代替水准面, 曲率对高差的影响。其值为

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (1-4)$$

根据不同的距离 D 代入式 (1-4) 中, 得到表 1-2 所列的结果。

由表 1-2 可知, 用水平面代替水准面, 当距离为 200m 时, 就有 3mm 的误差, 距离 1km 内就有约 8cm 的高程误差。由此可见, 地球曲率对高程测量的影响很大。因此在高程测量中, 即使在较短的距离内, 也应考虑地球曲率对高程的影响。实际测量中, 可考虑通过改正计算或采用正确的观测方法, 消减地球曲率对高程测量的影响。

表 1-2

水平面代替水准面对高差测量的影响

D/m	50	100	200	500	1000	2000	3000
$\Delta h/\text{mm}$	0.2	0.78	3.1	20	78	314	706

思考与练习

1. 我国主要高程系统有哪些?
2. 测量上常用的坐标系有几种? 各有什么特点?
3. 认识高程系统。高程之间如何转换?
4. 高斯平面直角坐标系是怎样建立的?

课题三 测量工作概述



学习目标

- 了解测量工作的原则。
- 了解测量工作的程序。

测量的主要工作是测绘和测设。测绘是指使用测量仪器和工具，通过观测和计算得到一系列测量数据，进而把地球表面的地形缩绘成地形图或编制成数据资料。测设是指把图纸上规划设计好的建筑物、构造物的位置在地面上用特定的方式标定出来，作为施工的依据。要完成测绘和测设任务，就必须用测量仪器通过一定的观测方法和手段测定点与点间的几何要素，计算求出点的位置。当我们有大量测点的时候，就有必要研究测量程序和测量的原则。

一、测量工作的三项基本工作

测量工作的实质就是确定地面点间的空间位置。地面点间的相互位置关系，是由水平角（方向）、距离和高程（高差）来确定的。因此，水平角测量、水平距离测量和高程测量称为测量的三项基本工作，水平角、水平距离、高差称为测量工作的三个基本要素。

二、测量工作的原则

测定点位，不可避免地会产生误差。如果定位从一点开始，逐点施测，不加任何控制和检查，前一点的误差传播到后一点，逐点累积，点位误差愈来愈大，最后达到不可容许的程度。为了限制误差的传播，测量通常按照“从整体到局部”，“先控制后碎部”、“由高级到低级”、“逐级控制”的组织原则，将定位的测量方法分为控制测量和碎部测量两大类。控制测量，就是从测区整体出发，布设一些点作为控制点，用高级精度测定其位置。这些控制点，测量精度高，分布均匀，通过坐标连接成一整体，为碎部测量定位、引测和起算提供依据。所谓碎部测量，就是以控制点为核心划分测区范围，用低级精度测定其周围碎部点位置。如测图中的地物轮廓点、地貌特征点，施工中的建筑物定位点、放样点。这样碎部点的误差就局限在控制点周围，从而控制它的传播范围和大小，保证了整个碎部测量的精度要求。如图 1-13 所示，多边形 ABCDEF 就是该测区的控制网。

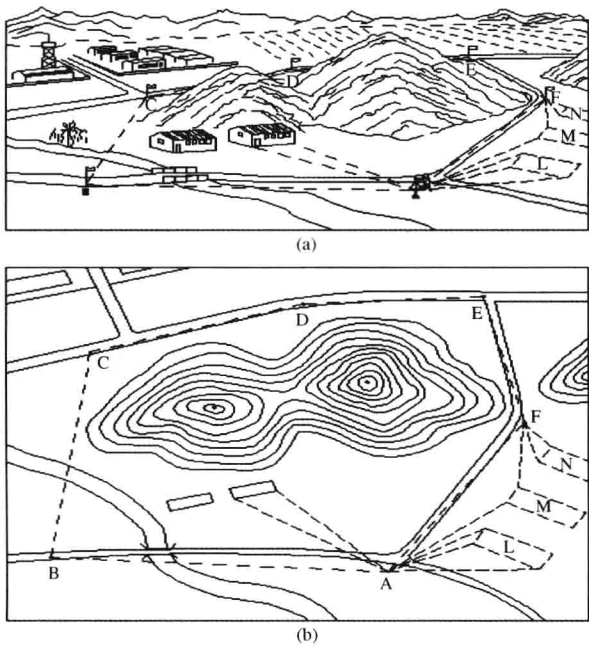


图 1-13 控制测量与碎部测量



思考与练习

1. 测量工作的程序分几步?
2. 施工测量遵循的原则是什么?

课题四 测量学发展简史及作用



学习目标

了解中国古代、国外、现代测绘科学的发展。

了解测绘科学研究的对象及其分类。

测量学和所有的自然科学一样,是人类长期与大自然斗争、为解决实际生产的需要,经过多次反复的实践而逐步发展起来的。

一、中国古代测绘科学的发展

4000 年前,大禹治水时就已发明和使用了“准、绳、规、矩”四种测量仪器和方法;



图 1-14 最早的指南工具——司南

春秋战国时期,已有利用磁石制成的最早的指南工具

“司南”(图 1-14);1973 年,从长沙马王堆出土的西汉初期的《地形图》及《驻军图》(图 1-15),为目前

发现的我国最早的地图;魏晋时期的刘徽著有《海岛算经》,论述了有关测量和计算海岛距离及高度的方法;

西晋的裴秀提出了绘制地图的 6 条原则,即《制图六体》,是世界上最早的制图理论;宋代的沈括曾绘

制《天下州县图》,还在《梦溪笔谈》中记述了有关磁偏角的现象,比哥伦布发现磁偏角早

了大约 400 年。



(a)



(b)

图 1-15 早期的地图形式

(a) 长沙国深平防区图; (b) 长沙国南部驻军图

对地图的研究表明:我国西汉时代的地图绘制已十分精确详细,虽然出土的地图上没有图名、图例与比例尺以及任何说明,但是在驻军图上已绘制出相当于现代东经 111° 至

112°30′、北纬 23°至 26°之间、1°30′经差与 3°纬差的广大区域，跨越了当今湖南、广西与广东的一部分，即如今的广西全州、灌阳一线以东；湖南的嘉禾与广东的连县一线以西；北到新田、全州；南到珠江口的南海，为潇水流域和南茼、九嶷山一带。按现在的折算，地图比例尺约为 1/180 000。

二、国外测绘科学的发展

17 世纪初开始，望远镜应用于天象观测；1617 年，三角测量方法开始应用；1683 年，法国进行了弧度测量，证明地球的确是两极略扁的椭球体；高斯于 1794 年提出了最小二乘理论，又提出了横圆柱投影学说。

三、现代测绘科学的发展

20 世纪 40 年代，自动安平水准仪问世，标志着水准测量自动化开始。1973 年，水准仪试制成功，能保证视线水平并使观测者在同一位置进行前后视读数。1990 年，研制出数字水准仪，可以做到读数记录全自动化。1968 年，产生电子经纬仪，它采用光栅代替刻度分画线，以电信号的方式获得数据，并自动记录在存储载体上。1957 年，第一颗人造地球卫星发射成功，1966 年开始进行大地测量观测。20 世纪 80 年代，开始发射 GPS 卫星（图 1-16），在 90 年代完成全部发射任务。

近年来，由于航天遥感、激光技术和电子计算机的发展和运用，测绘科学发展迅速，对于人造卫星观测成果的综合利用和研究，利用卫星遥测资料来绘制各类专业图件，快速、高精度的进行资源调查和勘测，是当今测绘工作者的一个新的重要任务。



图 1-16 GPS 全球定位系统

测绘科学研究对象：地球的形状、大小和地球表面上各种物体的几何形状及其空间位置。

测绘科学的分类有以下几种。

地形测量学：研究地球自然表面上的一个小区内地球表面各类物体形状和大小的测绘学科。由于地球半径很大，可以把被测区域在这一部分球面看作平面而不考虑其曲率，其研究的内容可以用文字和数字记录下来，也可以用图表示。

大地测量学：研究地球表面及其内部一个较大区域甚至整个地球的形状、大小及其定位等内容的测绘学科。

摄影测量学：利用摄影图片来研究地表形状和大小的测绘学科，包括地面摄影测量和航空摄影测量。

工程测量学：城市建设、大型厂矿建筑、水利枢纽、农田水利及道路修建等在勘测设计、施工放样、竣工验收和工程监测保养等方面的测绘学科。

制图学：利用测量所得的资料，研究如何投影编绘成地图，以及地图制作的理论、工艺技术和应用等方面的学科。