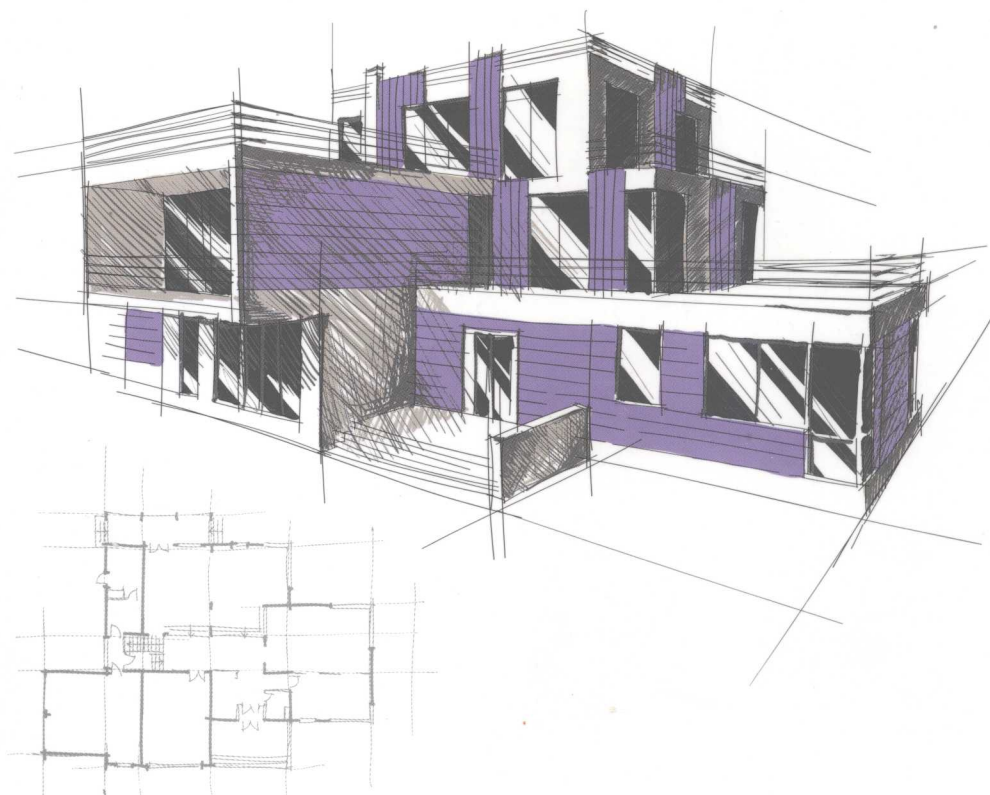
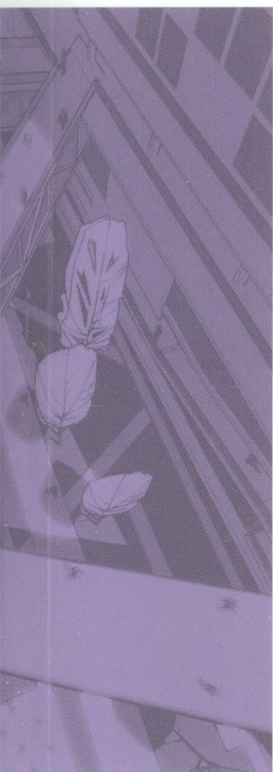




建筑工程测量

Architectural Engineering Survey

主编 肖 飞 欧 龙 唐 群
主审 李晓东

· 013042746

TU198

38

建筑工程测量

主 编 肖 飞 欧 龙 唐 群
副主编 胡吉平 韦东波 沈航华
陈 民
参 编 覃超贤 韦源生 许国平
刘茂军 郭相武 刘 萍
何江斌 周海峰
主 审 李晓东



TU198

38

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



北航

C1650946

内 容 提 要

本书主要讲述测量技术在建筑工程中的具体应用,根据高等教育发展的新特点、新要求以及建筑工程测量课程教学基本要求,以适应职业岗位的需要为宗旨进行编写。全书共由4篇16章内容组成,包括测量学基础知识、直线定向、测量误差基本知识、水准仪、经纬仪、距离测量、全站仪、全球定位系统、小地区控制测量、地形图基本知识、大比例尺地形图测绘、地形图应用、建筑施工测量基本工作、建筑施工场地控制测量、民用与工业建筑施工测量、建筑物变形观测及竣工总平面图编制。

本书可作为高等院校建筑工程、建筑学、建筑装饰、工程管理、工程监理、市政工程、村镇规划、隧道工程、给水与排水、供热与通风等专业的教学用书,也可作为相关专业技术人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/肖飞,欧龙,唐群主编. —北京:北京理工大学出版社, 2013. 5

ISBN 978-7-5640-7701-3

I. ①建… II. ①肖…②欧…③唐… III. ①建筑测量—高等学校—教材

IV. ①TU198

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第107172号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1 / 16

印 张 / 15

字 数 / 317千字

版 次 / 2013年5月第1版 2013年5月第1次印刷

定 价 / 42.00元

责任编辑 / 王玲玲

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前言

Preface

科学技术的迅速发展,使得测量技术也发生了巨大的变革。本书作为高等院校教材,力求反映现代测量技术在建筑工程中的实际应用。为此,本书根据现行的高等院校土建类专业教学的基本要求,始终强调实用与实践相结合,使学生通过本课程的学习,掌握建筑工程测量的基本理论、基本方法和基本原理,为将来从事建筑工程测量工作打下扎实的理论和实践基础。

本书由肖飞、欧龙、唐群担任主编,胡吉平、韦东波、沈航华、陈民担任副主编,覃超贤、韦源生、许国平、刘茂军、郭相武、刘萍、何江斌、周海峰参与编写,肖飞负责统稿,李晓东教授担任主审并提出了许多宝贵的意见,在此表示由衷的感谢!

本书的编写参阅及引用了部分同类书籍,在此,谨向有关作者表示诚挚的谢意。由于编者水平有限,书中不足之处难免存在,敬请广大师生及读者批评指正。

编 者



Contents

第1篇 建筑工程测量基础知识

第1章 测量学基础知识 / 1

- 1.1 测量学的定义、内容及分类 / 1
- 1.2 地面点位置确定 / 2
- 1.3 测量工作概述 / 8
- 1.4 建筑工程测量的定义及主要任务 / 11

第2章 直线定向 / 12

- 2.1 直线标准方向的种类 / 12
- 2.2 直线方向表示方法 / 13
- 2.3 坐标方位角推算 / 14

第3章 测量误差基本知识 / 16

- 3.1 测量误差概述 / 16
- 3.2 衡量测量精度的标准 / 17
- 3.3 观测值的中误差 / 19

第2篇 测量仪器及使用

第4章 水准仪 / 22

- 4.1 DS₃水准仪及使用 / 22

- 4.2 水准测量原理及普通水准测量的施测方法 / 27
- 4.3 水准测量的成果计算 / 32
- 4.4 水准仪检验与校正 / 37
- 4.5 水准测量误差与注意事项 / 40
- 4.6 其他水准仪简介 / 42

第5章 经纬仪 / 47

- 5.1 经纬仪测量角度原理 / 47
- 5.2 经纬仪基本知识 / 48
- 5.3 经纬仪使用方法 / 54
- 5.4 水平角观测方法 / 56
- 5.5 竖直角观测方法 / 59
- 5.6 经纬仪检验与校正 / 63
- 5.7 角度测量误差及注意事项 / 68

第6章 距离测量 / 73

- 6.1 钢尺量距 / 73
- 6.2 普通视距测量 / 78
- 6.3 光电测距 / 82

第7章 全站仪 / 85

- 7.1 全站仪基本知识 / 85
- 7.2 全站仪使用方法 / 87
- 7.3 全站仪使用注意事项及维护 / 95

第8章 全球定位系统（GPS） / 96

- 8.1 GPS系统简介及组成 / 96
- 8.2 GPS定位的基本原理及实施过程 / 99

第3篇 大比例尺地形图测绘及应用

第9章 小地区控制测量 / 104

- 9.1 小地区控制测量概述 / 104
- 9.2 导线测量的布设形式及外业工作 / 106
- 9.3 导线测量的内业工作 / 109
- 9.4 交会法定点 / 116
- 9.5 高程控制测量 / 119

第10章 地形图基本知识 / 125

- 10.1 地形图概述 / 125
- 10.2 地形图的比例尺 / 125
- 10.3 地形图的图名、图号、接图表 / 127
- 10.4 地物符号 / 129
- 10.5 地貌符号 / 132

第11章 大比例尺地形图测绘 / 138

- 11.1 经纬仪测图 / 138
- 11.2 全站仪数字化测图 / 145

第12章 地形图应用 / 158

- 12.1 地形图的识读 / 158
- 12.2 地形图应用的基本内容 / 158
- 12.3 地形图在工程规划设计中的应用 / 161

第4篇 民用与工业建筑施工测量

第13章 建筑施工测量基本工作 / 168

- 13.1 建筑施工测量概述 / 168
- 13.2 建筑施工测量的基本工作 / 171
- 13.3 测设点位的方法 / 174
- 13.4 圆曲线的测设 / 178

第14章 建筑施工场地控制测量 / 183

- 14.1 建筑施工场地控制测量概述 / 183
- 14.2 建筑施工场地的平面控制测量 / 184
- 14.3 建筑施工场地的高程控制测量 / 187

第15章 民用与工业建筑施工测量 / 189

- 15.1 民用建筑施工测量 / 189
- 15.2 工业建筑施工测量 / 205
- 15.3 管道施工测量 / 213

第16章 建筑物变形观测及竣工总平面图编制 / 221

- 16.1 建筑物变形观测 / 221
- 16.2 竣工总平面图的编制 / 229

参考文献 / 232

第1篇 建筑工程测量基础知识

第1章 测量学基础知识

1.1 测量学的定义、内容及分类

1. 测量学的定义

测量学是研究地球的形状和大小,确定地面点的平面位置和高程,将地球表面形状及其他地理信息测绘成地形图的科学。

2. 测量学的内容

测量学主要包括测定和测设两个方面的内容。

(1)测定(测绘)指利用各种测量仪器和工具,通过外业测量和内业计算获得测量数据,将地球表面的地物和地貌按照一定比例尺缩绘成地形图。

(2)测设(放样)指将图纸上设计好的点的平面位置和高程用测量仪器和设备在地面上标定出来,为后续的施工建设服务。

测定和测设是两个相反的过程,测定是从“实地”到“图纸”,而测设是从“图纸”到“实地”。

3. 测量学的分类

测量学是一门综合性的学科,按测量目的、研究对象和研究手段的不同可分为以下几个主要学科:大地测量学、地形测量学、摄影测量学、工程测量学、地图制图学、海洋测量学。

地形测量学是研究地球表面较小区域内测绘工作的基本理论、技术、方法和应用的学科,它是测量学的基础。由于涉及的区域相对较小,所以可以把地球曲面近似看作平面,不用考虑地球曲率的影响。主要研究内容包括图根控制网的建立、地形图的测绘和工程施工测量等,如距离测量、角度测量、高程测量等,这也是本课程的主要内容之一。

工程测量学是研究工程建设在勘察设计、施工建设、运营管理各阶段中进行的测量工作的理论和方法的学科。主要内容有工程施工控制网的建立、大比例尺地形图的测绘、施工放样、设备安装测量、竣工测量、变形监测等。工程测量学是测绘科学与技术国民经济和国防建设中最直接的应用,是综合性的应用测量工作。建筑工程测量隶属于工程测量学的范畴。

测量学各分支学科之间互相渗透、互相补充、相辅相成。现代科学技术,尤其是光电、计算机技术的高速发展,极大地推动了测量学的发展。从 20 世纪 60 年代开始,测量仪器广泛趋向于电子化、自动化和智能化,出现了一大批自动化程度很高的电子仪器,如电子水准仪、电子经纬仪、测距仪、全站仪、GPS、超站仪、测量机器人等。随着卫星遥感技术的不断发展,全天候全天时对地观测可以实时快捷地获得覆盖面积大、影像信息丰富的基础地理数据。以“3S”技术(GPS、GIS、RS)为代表的新测量技术将测量学推向一个崭新的高度。我们相信,伴随着现代科技的不断进步,测量学也必然会向更高层次的自动化、智能化、人性化方向发展。

1.2 地面点位置确定

1.2.1 地球形状和大小

测量学的基本任务是确定地球表面上点的位置。为了确定地面点位,需要确定基准线和基准面作为依据。测量工作是在地球表面进行的,那么测量的基准线和基准面就与地球的形状和大小有密切关系。

地球的表面极其复杂,很不规则,有高原、盆地、丘陵和平原,又有海洋、江河、湖泊和高山,但从宏观来看,地球表面主要由陆地和海洋两部分组成。地球表面海洋面积约占 71%,而陆地面积仅占 29%,因此可以把地球看成是一个被海水包围的球体。“世界屋脊”珠穆朗玛峰高出海平面 8 844 m,而最深的太平洋马里亚纳海沟低于海平面 11 022 m,两者相差不到 20 km,这与地球的平均半径 6 371 km 相比,几乎微不足道,丝毫不影响我们把地球看成被海水包围的球体。

在测量学中,通常把地球总体形状看成是由静止的海水面向陆地延伸所包围的球体。我们把自由静止的水面称为水准面。可以选择任何一个静止的水面所形成闭合曲面代替地球的形状,以此为基准研究地球表面与它的差异,从而定量地研究地球的形状和大小。因高度不同,水准面有无数个。显然,选取不同的水准面作为基准面来研究地球的结果不尽相同,所以必须建立一个统一的基准。在理想情况下,我们设想有一个处于静止平衡状态的海水面(假设没有风浪、潮汐、水流和大气压变化引起的干扰),它向陆地内部延伸而形成一闭合曲面,以此来代替地球的总体形状,称该曲面为大地水准面。大地水准面所围成的球体称为大地体。通常各个国家或地区都会根据自己的具体情况选择一个平均海水面来代替它。我国采用的是黄海平均海水面。

由于地球的自转运动,地球上任意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,重力的方向线称为铅垂线,如图 1-1

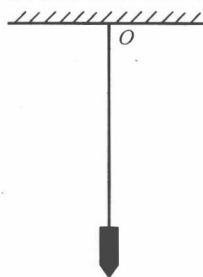


图 1-1 铅垂线

所示。与所在点位的铅垂线相互垂直的线称为水平线，它在水准面上处处与重力方向垂直。与水准面相切的平面称为水平面。大地水准面和铅垂线就是测量外业所依据的基准面和基准线。

用大地体代表地球形状是恰当的，但由于地球内部质量分布不均匀，导致地面上各点的铅垂线方向产生不规则变化，因此大地水准面是一个不规则的无法用数学表达式描述的复杂曲面(图 1-2、图 1-3)，无法在这个曲面上进行测量数据的处理。为了研究方便，我们进一步设想，用一个非常接近于大地水准面，并可用数学表达式表示的规则几何球体(地球椭球体)来代表地球的形状(图 1-3)。

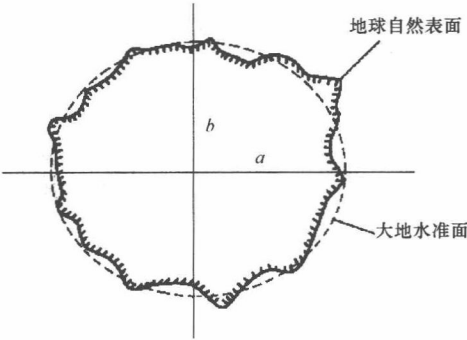


图 1-2 地球自然表面和大地水准面

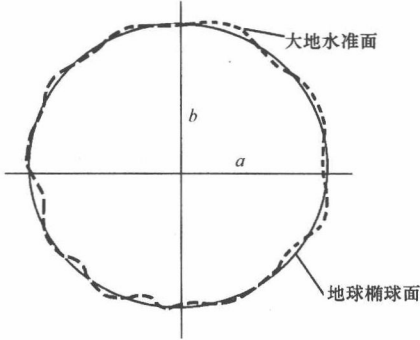


图 1-3 大地水准面与地球椭球面

地球椭球体的形状和大小由椭球的基本元素确定(图 1-4)，即椭球的长半轴 a 、短半轴 b 及扁率 α ，其关系式为

$$\alpha = \frac{a-b}{a} \quad (1-1)$$

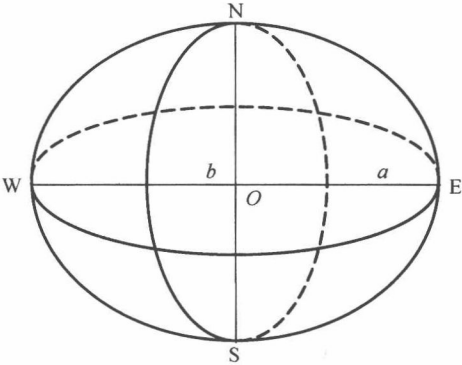


图 1-4 地球椭球体

某一国家或地区为处理测量结果而采用与大地体的形状大小最接近，又最适合本国或本地区要求的地球椭球体，称为参考椭球体。确定参考椭球体与大地体之间相对位置关系，称为椭球体定位。参考椭球体只具有几何意义而无物理意义，它是严格意义上测量内业计算的基准面。

1954 年我国北京坐标系采用的是克拉索夫斯基椭球, 1980 年国家大地坐标系采用的是 1975 国际椭球, 该椭球的基本元素是: 长半轴 $a=6\,387.14\text{ km}$, 短半轴 $b=6\,356.74\text{ km}$, 扁率 $\alpha=1/298.257$ 。全球定位系统(GPS)采用的是 WGS-84 椭球。

由于地球椭球体的扁率 α 很小, 当测量的区域面积在 100 km^2 范围内, 可将地球看作半径为 $6\,371\text{ km}$ 的圆球。在半径 10 km 的小范围内进行测量工作时, 还可以用水平面代替大地水准面, 即把地球看作平面, 使测量计算工作更为简单。

1.2.2 确定地面点位置的方法

地面点的空间位置必须由三个参数来确定, 即该点在大地上水准面上的投影位置(两个参数)和该点的高程。

1. 地面点在大地上水准面上的投影位置

地面点在大地上水准面上的投影位置, 可用地理坐标、高斯平面直角坐标和独立平面直角坐标表示。

(1) 地理坐标。地理坐标是用经度 λ 和纬度 ϕ 表示地面点在大地上水准面上的投影位置。由于地理坐标是球面坐标, 不便于直接进行各种计算。

如图 1-5 所示, N、S 分别是地球的北极和南极, NS 称为地轴。包含地轴的平面称为子午面。子午面与地球的交线称为子午线。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 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 $0^\circ\sim 90^\circ$ 。

我国位于东半球和北半球, 所以各地的地理坐标都是东经和北纬, 例如, 南宁的地理坐标为: 东经 $108^\circ 19'$, 北纬 $22^\circ 49'$ 。

(2) 高斯平面直角坐标。利用高斯投影法建立的平面直角坐标系, 称为高斯平面直角坐标系。在广大区域内确定点的平面位置, 一般采用高斯平面直角坐标。如图 1-6 所示, 高斯投影法是将地球划分成若干带, 然后将各带投影到平面上。

如图 1-6 所示, 投影带是从首子午线起, 每隔经度 6° 划分一带, 称为 6° 带, 将整个地球划分成 60 带。带号从首子午线起自西向东偏, $0^\circ\sim 6^\circ$ 为第 1 号带, $6^\circ\sim 12^\circ$ 为第 2 号带, ……位于各带中央的子午线, 称为中央子午线, 第 1 号带中央子午线的经度为 3° , 任意号带中央子午线的经度 λ_N , 可按下计算:

$$\lambda_N = 6^\circ \cdot N - 3^\circ \quad (1-2)$$

式中, N 为 6° 带的带号。

我们把地球看作圆球, 并设想把投影面卷成圆柱面套在地球上, 如图 1-7 所示, 使圆柱的轴心通过圆球的中心, 并与某 6° 带的中央子午线相切, 将该 6° 带上的图形投影到圆柱面上。然后将圆柱面沿过南、北极的母线 KK' 、 LL' 剪开, 并展开成平面, 这个平面称为高斯投

影平面。中央子午线和赤道的投影是两条互相垂直的直线。

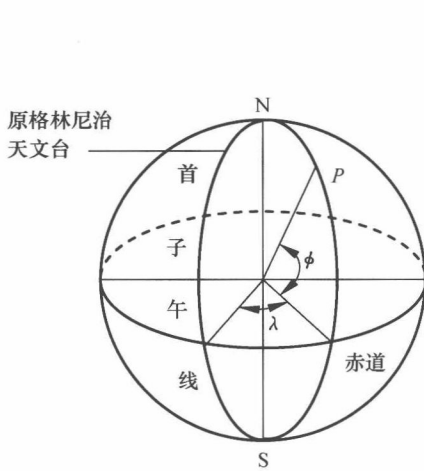


图 1-5 地理坐标

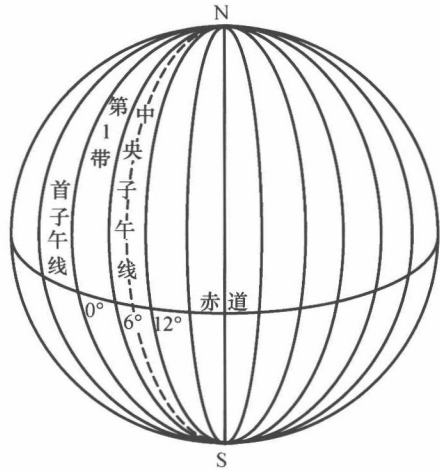


图 1-6 高斯平面直角坐标的分带

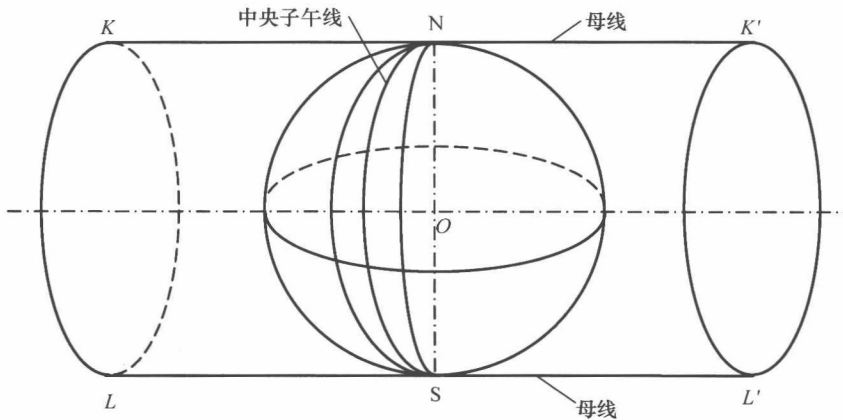


图 1-7 高斯平面直角坐标的投影

我们规定，中央子午线的投影为高斯平面直角坐标系的纵轴 x ，向北为正；赤道的投影为高斯平面直角坐标系的横轴 y ，向东为正；两坐标轴的交点为坐标原点 O 。由此建立了高斯平面直角坐标系，如图 1-8(a)所示。

地面点的平面位置，可用高斯平面直角坐标 x 、 y 来表示。由于我国位于北半球， x 坐标均为正值， y 坐标则有正有负，如图 1-8(a)所示， $y_A = +136\,780\text{ m}$ ， $y_B = -272\,440\text{ m}$ 。为了避免 y 坐标出现负值，将每带的坐标原点向西移 500 km，如图 1-8(b)所示，纵轴西移后：

$$y_A = 500\,000 + 136\,780 = 636\,780(\text{m})$$

$$y_B = 500\,000 - 272\,440 = 227\,560(\text{m})$$

规定在横坐标值前冠以投影带带号。如 A 、 B 两点均位于第 20 号带，则

$$y_A = 20\,636\,780\text{ m}, y_B = 20\,227\,560\text{ m}$$

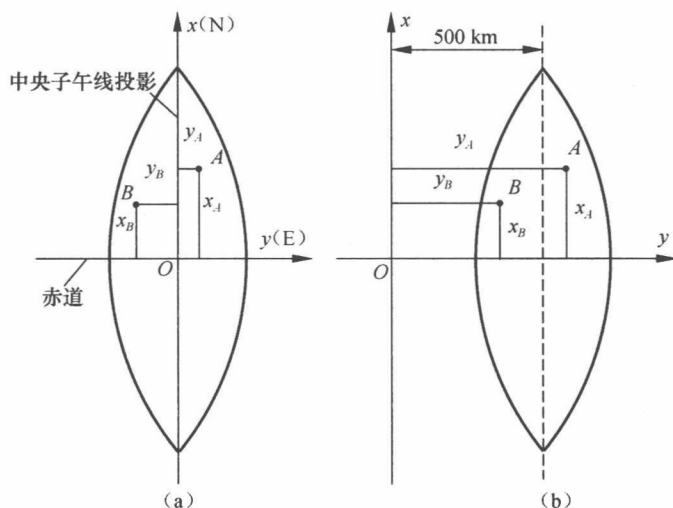


图 1-8 高斯平面直角坐标系

(a) 坐标原点西移前的高斯平面直角坐标系；

(b) 坐标原点西移后的高斯平面直角坐标系

当要求投影变形更小时，可采用 3° 带投影。如图 1-9 所示， 3° 带是从东经 $1^\circ 30'$ 开始，每隔经度 3° 划分一带，将整个地球划分成 120 个带。每一带按前面所述方法，建立各自的高斯平面直角坐标系。各带中央子午线的经度 λ'_n ，可按式(1-3)计算。

$$\lambda'_n = 3^\circ \cdot n \quad (1-3)$$

式中， n 为 3° 带的带号。

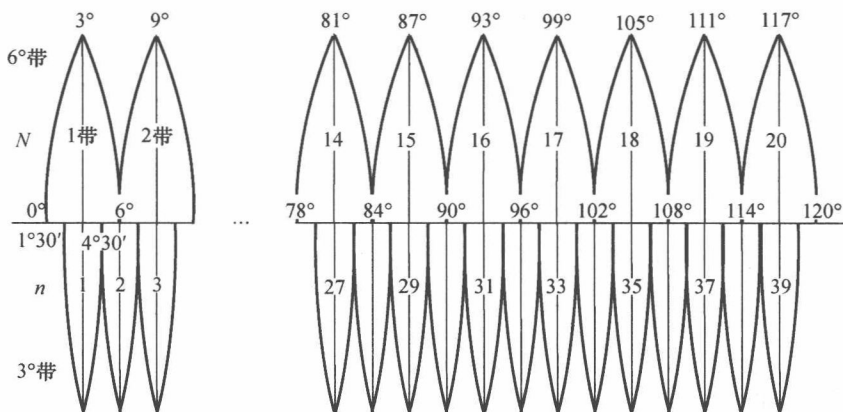


图 1-9 高斯平面直角坐标系 6° 带投影与 3° 带投影的关系

为避免 y 坐标出现负值， 3° 带的坐标原点同 6° 带一样向西移动 500 km，但加在 y 坐标前的带号应是 3° 带号。假设 C 点所在的中央子午线经度为 105° ， $y_c = 538\,640$ m，那么该点所在的 3° 带的带号为 $n = 105^\circ / 3 = 35^\circ$ ，则该点加上带号后的 y 坐标值为 $y_c = 35\,538\,640$ m。

(3) 独立平面直角坐标。当测区范围较小时，可以用测区中心点 A 的水平面来代替大地

水准面，在这个平面上建立的测区平面直角坐标系，称为独立平面直角坐标系，如图 1-10 所示。在局部区域内确定点的平面位置，可以采用独立平面直角坐标。

在独立平面直角坐标系中，规定南北方向为纵坐标轴，记作 x 轴， x 轴向北为正，向南为负；以东西方向为横坐标轴，记作 y 轴， y 轴向东为正，向西为负；坐标原点 O 一般选在测区的西南角，使测区内各点的 x 、 y 坐标均为正值；坐标象限按顺时针方向编号（如图 1-11 所示），其目的是便于将数学中的公式直接应用到测量计算中，不需作任何变更。

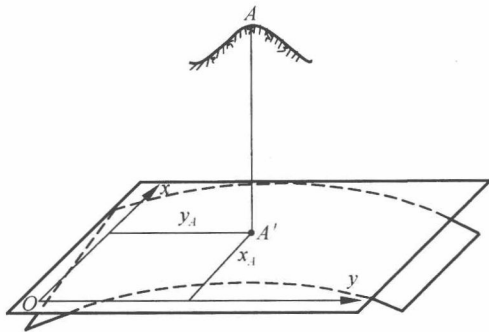


图 1-10 独立平面直角坐标系

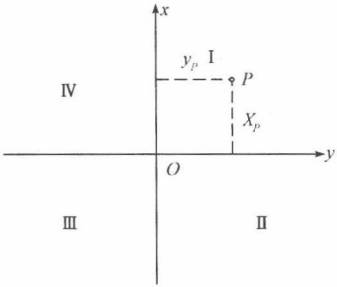


图 1-11 测量坐标象限

2. 地面点的高程

(1)绝对高程。地面点沿着铅垂线方向到大地水准面的距离，称为该点的绝对高程，简称高程，用 H 表示。如图 1-12 所示，地面点 A 、 B 的高程分别为 H_A 、 H_B 。

目前，我国采用的是“1985 年国家高程基准”，在青岛建立了国家水准原点，其高程为 72.260 m。

(2)相对高程。局部地区采用国家高程基准有困难时，可以采用地面点到假定水准面的铅垂距离，称为该点的相对高程或假定高程。在图 1-12 中， A 、 B 两点的相对高程分别为 H'_A 、 H'_B 。

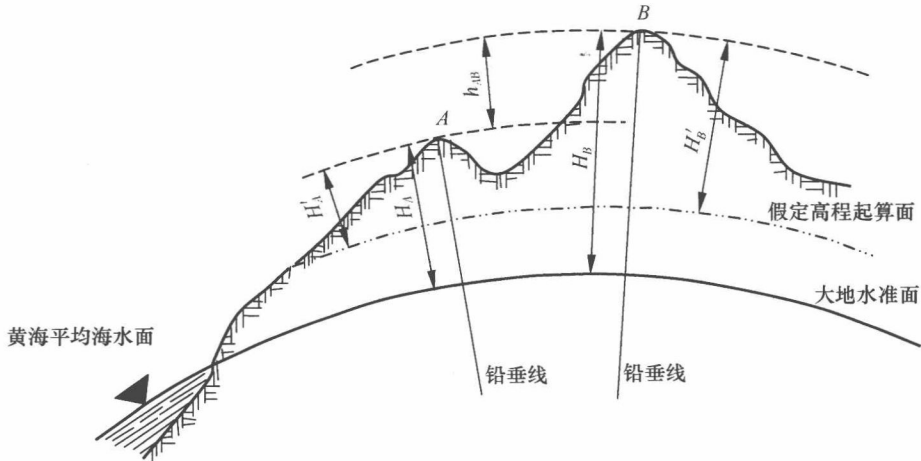


图 1-12 绝对高程、相对高程和高差

(3)高差。地面两点间的高程之差,称为高差,用 h 表示。 A 、 B 两点的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A \quad (1-4)$$

当 h_{AB} 为正时, B 点高于 A 点;当 h_{AB} 为负时, B 点低于 A 点。

高差有方向, B 、 A 两点的高差为

$$H_{BA} = H_A - H_B \quad (1-5)$$

A 、 B 两点的高差与 B 、 A 两点的高差绝对值相等,符号相反,即

$$h_{AB} = -h_{BA} \quad (1-6)$$

根据地面点的三个参数 x 、 y 、 H ,就可以确定地面点的空间位置了。

1.3 测量工作概述

1.3.1 测量工作的基本内容

测量工作的主要目的是确定地面上两点之间的相对位置,即确定点的平面位置和高程。在实际测量工作中,通常不是直接测量点的坐标和高程值,而是测量两点间的距离、角度和高差。

1. 平面直角坐标的测定

如图 1-13 所示,设 A 、 B 为已知坐标点, P 为待定点。首先测出水平角 β 和水平距离 D_{AP} ,再根据 A 、 B 的坐标推算出 P 点的坐标。

因此,测定地面点平面直角坐标的主要工作是测量水平角和水平距离。

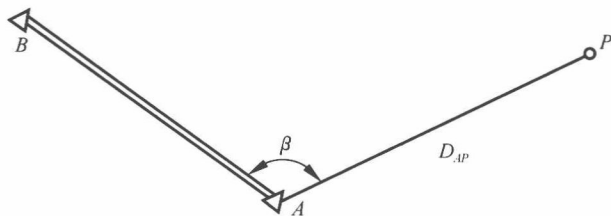


图 1-13 平面直角坐标的测定

2. 高程的测定

如图 1-14 所示,设 A 为已知高程点, P 为待定点。由式(1-4)得

$$H_P = H_A + h_{AP} \quad (1-7)$$

只要测出 A 、 P 之间的高差 h_{AP} ,利用式(1-7)即可算出 P 点的高程。

由此可知,距离、角度和高差是确定地面点位的三个基本要素,因此,距离测量、角度测量和高程测量是测量工作的基本内容。

测量工作按其性质分为外业和内业两种。外业工作的内容包括使用测量仪器和工具测绘地面点的相对位置,或者把设计好的建(构)筑物的轴线等按设计的位置在地面上测设出

来。内业工作则是将外业观测的结果加以整理、计算、分析，并绘制成图。

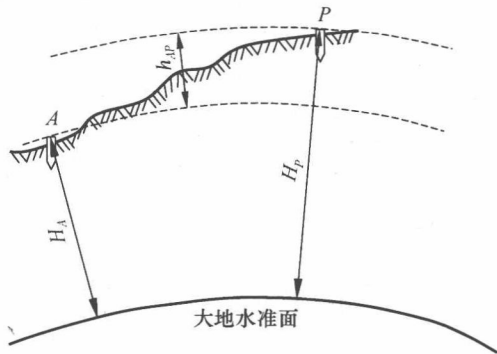


图 1-14 高程的测定

1.3.2 测量工作的程序和基本原则

地球表面错综复杂的各种形态称为地形，地形分为地物和地貌两大类。地面上固定的自然和人工物体称为地物。地面上高低起伏的形态称为地貌，如山岭、谷地、悬崖等。

不论地物或地貌，它们的形状和大小都是由一些特征点的位置决定的，这些特征点称为碎部点。测图时，主要是测定这些碎部点的平面位置和高程。

测定碎部点的位置，其程序通常分为两步：

(1)控制测量。如图 1-15 所示，在测区内选择若干个具有控制意义的点 A、B、C、D、E、F 作为控制点，用比较精确的方法测定其平面位置和高程，这些控制点就可以控制测量误差传递的大小和范围。

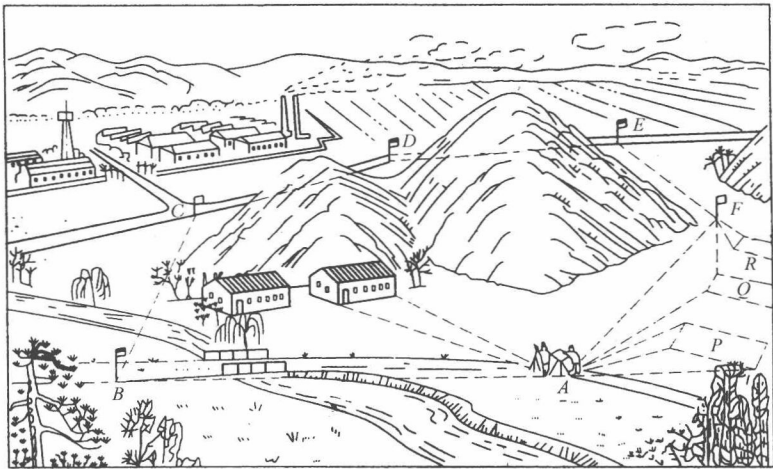


图 1-15 控制测量

(2)碎部测量。在控制测量的基础上，用稍低一些精度的测量方法(碎部测量)测定地面各碎部点的平面坐标及高程。如图 1-16 所示，可在控制点 A 上测定其周围的碎部点 1、2 等。最后根据这些碎部点的坐标与高程按一定的比例尺将整个测区缩绘成地形图。