

测量学

(第二版)

顾孝烈 鲍峰 程效军 编著

TONGJI
UNIVERSITY
PRESS

同济大学出版社



测 量 学

(第二版)

顾孝烈 鲍 峰 程效军 编著

同济大学出版社

内 容 提 要

本书共分十四章,第一章至第四章介绍测量学的基本知识和测量仪器使用的基础技术;第五章介绍测量误差及其估算的基本知识;第六章介绍小地区控制测量的施测与计算方法;第七章介绍测量新仪器——全站仪;第八章至第十章介绍大比例尺地形图测绘方法、地形图在工程设计中的应用及土地面积计算;第十一章至十四章介绍工程施工中的测量工作。

本书可供建筑结构、环境工程、岩土工程、道路与城市交通工程、桥梁工程、土地管理、工程测量等专业作为“测量学”课程的教材,也可供工程勘测技术人员参考。

责任编辑 郁 峰

封面设计 陈益平

测 量 学

(第二版)

顾孝烈 鲍 峰 程效军 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号 邮编:200092)

新华书店上海发行所发行

大丰市印刷二厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:27.5 字数:700千字

1999年4月第2版 1999年4月第1次印刷

印数:1—6000 定价:35.00元

ISBN7-5608-1986-9/TU·289

再版前言

本书为同济大学出版社 1990 年出版的《测量学》的再版,是在原书的基础上,将内容作了较多增删,重新编写而成的。

随着现代科学技术的迅猛发展,它在测绘学科中得到了广泛的应用,从而大大促进了该学科的发展。卫星定位技术已被利用于控制测量。测量仪器原来是以机械仪器和光学仪器为主,目前又增加了电子仪器,并逐步上升至主导地位。原来以手工为主的测量的计算和绘图作业的,目前已全部由可编程序的电子计算器和计算机来完成,数字化测图和机助成图也成为今后的发展方向。

测绘科技的重大改进与革新,在测绘学科中以介绍地形测量和工程测量为主的《测量学》教材中应有适当的反映。由于经济和技术发展的不平衡,传统的测量仪器和方法仍在广泛采用,因此,在教材内容的新旧增删过程中也应作适当的处理。本教材在修订过程中,保持了学科的原有体系,尽可能多地介绍符合发展方向的新的内容,慎重地删去了一些陈旧的内容,并全面进行文字上的修饰,新增和重绘了一些插图,力争做到推理严密,文字通顺,深入浅出,便于教学和自学。

本教材原有配套的教学资料有《测量学思考题与练习题》和《测量学实验任务书》。前者在本次修订中已并入教材,附于每一章之末;而后者已于 1996 年更新内容后定名为《测量学实验》,由同济大学出版社出版。

本书的编写分工如下:顾孝烈编写第一章至第七章和第十章,程效军编写第八章和第九章,鲍峰编写第十一章至第十四章。全书由顾孝烈担任主编。

本书可能还存在这样那样的问题,恳请使用本教材的师生和读者批评指正。

编 者

1999 年 1 月

前 言

本书前身是同济大学测量系为校内各土建专业所编写的《测量学讲义》,自从 1974 年在校内铅印出版以来,历经 1976 年、1981 年、1984 年三次修改,基本上满足本校每年约 1000 名学生上测量学课的需要,并为一些兄弟院校所采用。近几年来,由于各土建专业的测量学教学大纲的修订、测量科技的进展和本系教师对测量学教学经验的积累,于 1989 年 2 月组织有关教师作再次修订,以适应教学形势发展的需要,并于 1990 年 2 月完成,通过学校审查,作为正式教材公开出版。

在修订过程中,曾力图做到下列几点:

(1) 根据各土建专业测量学教学大纲、保证测量学的基本内容、适当照顾各专业的不同需要来组织教材内容,尽量做到精炼内涵、除旧更新;

(2) 注意教学内容的系统性和逻辑性,深入浅出,通俗易懂,便于自学,难点力求分析透彻,解释清楚;

(3) 适当介绍和引用测量科学的新技术,例如测量新仪器的介绍,计算部分结合介绍电子计算器的使用技术,并在附录中介绍两个典型的测量电算程序,以适应科技发展的方向;

(4) 测量工作的内容力求结合我国的实际情况和生产标准,有关技术参数根据建设部 1985 年颁发的《城市测量规范》的规定选取;

(5) 测量学中的插图为正文的有机组成部分,应密切配合,因此,在修订中重新设计并绘制了全部插图。

本书编写的分工如下:杨子龙编写第一章和第三章;都彩生编写第二章和第四章;顾孝烈编写第五章、第六章、第四章中“电磁波测距”部分和附录;洪炳隆编写第七章和第八章;仲正民编写第九章和第十二章;邹敖齐编写第十章和第十一章。本书由顾孝烈负责主编并担任插图的设计和绘制。

作为本书的配套教学资料,有《测量学思考题和练习题》、《测量学实验任务书》各一本,由同济大学教材科于校内出版。

本书由上海勘察院吴克明高级工程师和同济大学陆剑鸣副教授担任审稿工作,他们曾对本书提出过宝贵的意见,为此,谨致谢意。

本书编者谨请使用本教材的教师与读者批评指正。

编 者

1990 年 2 月

目 录

第一章 测绘工作概述	(1)
§ 1-1 测量学的内容与任务	(1)
§ 1-2 测量学的发展	(2)
§ 1-3 地球的形状和大小	(2)
§ 1-4 地面点位的确定	(4)
§ 1-5 测量工作的程序及基本内容	(9)
§ 1-6 水准面的曲率对观测量的影响	(12)
§ 1-7 测量的度量单位	(14)
第二章 水准测量	(18)
§ 2-1 高程测量概述	(18)
§ 2-2 水准测量原理	(18)
§ 2-3 水准仪和水准尺	(21)
§ 2-4 水准测量的方法及成果整理	(30)
§ 2-5 自动安平水准仪	(37)
§ 2-6 精密水准仪和水准尺	(40)
§ 2-7 水准仪的检验和校正	(43)
§ 2-8 水准测量的误差分析及注意事项	(48)
§ 2-9 测量仪器的维护	(50)
第三章 角度测量	(52)
§ 3-1 水平角和垂直角观测原理	(52)
§ 3-2 光学经纬仪的构造及度盘读数	(53)
§ 3-3 水平角观测	(60)
§ 3-4 垂直角观测	(66)
§ 3-5 电子经纬仪	(70)
§ 3-6 激光准直经纬仪	(77)
§ 3-7 经纬仪的检验和校正	(78)
§ 3-8 水平角观测的误差分析	(84)
第四章 距离测量与三角高程测量	(91)
§ 4-1 卷尺量距	(91)
§ 4-2 视距测量	(101)
§ 4-3 电磁波测距	(104)

§ 4-4 三角高程测量	(112)
第五章 测量误差基本知识	(119)
§ 5-1 测量误差概念	(119)
§ 5-2 评定精度的标准	(123)
§ 5-3 观测值的算术平均值及改正值	(125)
§ 5-4 观测值的精度评定	(126)
§ 5-5 误差传播定律	(129)
§ 5-6 误差传播定律的应用	(134)
§ 5-7 加权平均值及其中误差	(136)
第六章 小地区控制测量	(142)
§ 6-1 控制测量概述	(142)
§ 6-2 平面控制网的定位和定向	(148)
§ 6-3 导线测量和导线计算	(153)
§ 6-4 交会定点的计算	(170)
§ 6-5 三、四等水准测量及高程计算	(185)
第七章 电子全站仪测量	(194)
§ 7-1 电子全站仪概述	(194)
§ 7-2 电子全站仪的特殊部件及其功能	(195)
§ 7-3 电子全站仪的使用	(198)
§ 7-4 电子全站仪的程序功能	(205)
第八章 地形测量	(216)
§ 8-1 地形图基本知识	(216)
§ 8-2 测图前准备工作	(229)
§ 8-3 地物平面图测绘	(232)
§ 8-4 等高线地形图测绘	(241)
§ 8-5 数字测图概述	(247)
§ 8-6 航空摄影测量成图	(255)
第九章 地形图应用	(261)
§ 9-1 地形图应用概述	(261)
§ 9-2 地形图应用的基本内容	(267)
§ 9-3 工程建设中的地形图应用	(270)
§ 9-4 建筑设计中的地形图应用	(274)
§ 9-5 给排水工程设计中的地形图应用	(274)
§ 9-6 城市规划用地分析的地形图应用	(275)

§ 9-7	道路勘测设计中的地形图应用	(275)
§ 9-8	数字地形图的应用	(276)
第十章	面积测量和计算	(279)
§ 10-1	几何图形面积量算	(279)
§ 10-2	不规则图形面积量算	(284)
§ 10-3	面积量算的改正	(294)
§ 10-4	面积量算的精度	(295)
第十一章	建筑工程测量	(300)
§ 11-1	建筑工程测量概述	(300)
§ 11-2	施工测量的基本工作	(300)
§ 11-3	建筑施工控制测量	(309)
§ 11-4	建筑施工测量	(313)
§ 11-5	管道工程测量	(325)
§ 11-6	建筑竣工总平面图测绘	(330)
§ 11-7	建筑工程变形观测	(331)
第十二章	道路工程测量	(340)
§ 12-1	道路工程测量概述	(340)
§ 12-2	道路中线测量	(340)
§ 12-3	道路圆曲线测设	(345)
§ 12-4	路线纵、横断面测量	(355)
§ 12-5	道路施工测量	(363)
§ 12-6	电子全站仪在道路工程测量中的应用	(368)
§ 12-7	全球定位系统在道路工程测量中的应用	(373)
第十三章	桥梁工程测量	(376)
§ 13-1	桥梁工程测量概述	(376)
§ 13-2	小型桥梁施工测量	(376)
§ 13-3	大、中型桥梁施工测量	(377)
§ 13-4	大型斜拉桥施工测量	(381)
§ 13-5	桥梁变形观测	(387)
第十四章	地下建筑工程测量	(390)
§ 14-1	地下建筑工程测量概述	(390)
§ 14-2	地面控制测量	(391)
§ 14-3	隧道施工测量	(393)
§ 14-4	竖井联系测量	(397)

§ 14-5 地下建筑竣工测量	(402)
附 录	(405)
附录一 导线测量错误检查和坐标计算程序	(405)
附录二 坐标解析点曲线拟合法面积计算程序	(418)
参考文献	(428)

第一章 测绘工作概述

§ 1-1 测量学的内容与任务

测量学是一门研究地面点位的空间位置的确定,将地球表面的地貌、地物、行政和权属界线测绘成图,以及将规划设计的点和线在实地定位的科学。从以上定义可见,测量工作大致可分为两部分:前者是“测绘”,将地面已有的特征点位和界线通过测量手段获得反映地面现状的图形和位置信息,供工程建设的规划设计和行政管理之用;后者是“测设”,将工程建筑的设计位置及土地规划利用的界址划分在实地标定,作为施工和定界的依据。测设又称施工放样。

广义的测量科学根据研究的重点内容 and 应用范围来分类,包括以下几门主要学科:

(1) 大地测量学——研究地球表面广大地区的点位测定及整个地球的形状、大小和变化以及地球重力场测定的理论和方法的学科。由于人造地球卫星和空间技术的利用,测量又分为常规大地测量和卫星大地测量两种。

(2) 地形测量学——研究将地球表面局部地区的自然地貌、人工建筑和行政权属界线等测绘成地形图、地籍图等的基本理论和方法的学科。

(3) 摄影测量学——研究利用航空或航天器对地面摄影或遥感,以获取地物和地貌的影像和光谱,并进行分析处理,从而绘制成地形图等的基本理论和方法的学科。

(4) 工程测量学——研究工程建设在设计、施工和管理阶段中所需要进行的测量工作的基本理论和方法的学科。包括工程控制测量、土建施工测量、设备安装测量、竣工测量和工程变形观测等。

本教材主要介绍地形测量学和工程测量学中有关施工测量的基本内容。

在国民经济建设中,测量技术的应用比较广泛。例如,铁路、公路在建造之前,为了确定一条最经济、最合理的路线,事先必须进行该地带的测量工作,由测量的成果绘制带状地形图,在地形图上进行线路设计,然后将设计路线的位置标定在地面上,以便进行施工;在路线跨越河流时,必须建造桥梁,在造桥之前,要绘制河流两岸的地形图,以及测定河流的水位、流速、流量和桥梁轴线长度等,为桥梁设计提供必要的资料,最后将设计的桥台、桥墩的位置用测量的方法在实地标定;路线穿过山地,需要开挖隧道,开挖之前,也必须在地形图上确定隧道的位置,并由测量数据来计算隧道的长度和方向,在隧道施工期间,通常从隧道两端开挖,这就需要根据测量的成果指示开挖方向等,使之符合设计的要求。又例如,城市规划、给水排水、煤气管道等市政工程的建设,工业厂房和高层建筑的建造,在设计阶段,要测绘各种比例尺的地形图,供结构物的平面及竖向设计之用;在施工阶段,要将设计的结构物的平面位置和高程在实地标定出来,作为施工的依据;待工程完工后,还要测绘竣工图,供日后扩建、改建和维修之用,对某些重要的建筑物,在其建成以后,还需要进行变形观测,以保证建筑物的安全使用。

在房地产的开发、管理和经营中,房地产测绘起着重要的作用。地籍图和房产图以及其

他测量资料准确地提供了土地的行政和权属界址、每个权属单元(宗地)的位置、界线和面积、每幢房屋与每层房屋的几何尺寸和建筑面积,经土地管理和房屋管理部门确认后具有法律效力,可以保护土地使用权人和房屋所有权人的合法权益,可为合理开发、利用和管理土地和房产提供可靠的图纸和数据资料,并为国家对房地产的合理税收提供依据。

对于土木建筑类和土地管理类专业,设置本课程的主要目的是为了学习和掌握下列内容:

(1) 地形图测绘——运用测量学的理论、方法和工具,将小范围内地面上的地物和地貌测绘成地形图、地籍图等,这项任务简称为测图。

(2) 地形图应用——为工程建设的规划设计,从地形图中获取所需要的资料,例如点的坐标和高程、两点间的距离、地块的面积、地面的坡度、地形的断面和进行地形分析等,这项任务简称为图的应用。

(3) 施工放样——把图上设计的工程结构物的位置在实地标定,作为施工的依据,这项任务简称为测设或放样。

§ 1-2 测量学的发展

测量学是一门历史悠久的科学,早在几千年前,由于当时社会生产发展的需要,中国、埃及、希腊等古代国家的人民就开始创造与运用测量工具进行测量。远在古代,我国就发明了指南针,以后又创制了浑天仪等测量仪器,并绘制了相当精确的全国地图。指南针于中世纪由阿拉伯人传到欧洲,以后在全世界得到广泛应用,到今天仍然是利用地磁测定方位的简便测量工具。我国古代劳动人民为测量学的发展作出了重要的贡献。

测量学一开始是用于土地整理,随着社会生产的发展,逐渐应用到社会的许多生产部门。17世纪发明望远镜后,人们利用光学仪器进行测量,使测量科学迈进了一大步。自19世纪末发展了航空摄影测量后,又使测量学增添了新的内容,现代光学及电子学理论在测量中的应用,创制了一系列激光、红外光、微波测距、测高、准直和定位的仪器。惯性理论在测量学中的应用,又创制了陀螺定向、定位仪器。60年代以来,由于电子计算技术的飞速发展,出现了自动化程度很高的电子水准仪、电子经纬仪、电子全站仪和自动绘图仪。人造地球卫星的发射成功,使其很快就被应用于大地测量,建立利用卫星无线电导航原理的全球定位系统。用卫星遥感技术可以获得丰富的地面信息,为自动化成图提供了大面积的、全球性的资料。随着现代科学技术的发展,测量科学也必然会向更高层次的电子化和自动化方向发展。

§ 1-3 地球的形状和大小

测量工作是在地球表面的较大范围内进行的,地球的形状和大小直接与测量工作有关。地球的自然表面有高山、丘陵、平原、海洋等起伏形态,是一个不规则的曲面。就整个地球而言,海洋的面积约占71%,陆地的面积约占29%。假设某一个静止不动的水面延伸而穿过陆地,包围整个地球,形成一个闭合曲面,称为水准面。水准面是作为流体的水受地球重力影响而形成的重力等势面,它的主要特点是面上任意一点的铅垂线都垂直于该点上曲面的

切面。水面可高可低,符合这个特点的水准面有无数个,其中与平均海水面相吻合的水准面称为大地水准面,它可以近似地代表地球的形体。由于地球自转产生的离心力,使地球形体在赤道处较为突出,在两极处较为扁平,如图 1-1 所示,其中,PP₁ 为地球自转轴。

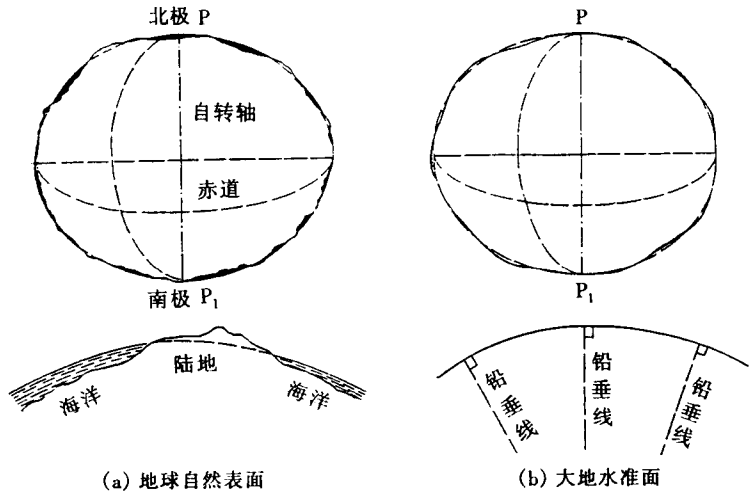


图 1-1 地球的自然表面与大地水准面

由于地球内部质量分布不均匀,重力受其影响,致使大地水准面成为一个不规则的、复杂的曲面。如果将地球表面上的点位图形投影到这样一个不完全均匀变化的曲面上,在计算上将是很困难的。为了解决这个问题,可选用一个非常接近大地水准面、并可用数学公式表示的几何形体来建立一个投影面。这个数学形体是以地球自转轴 PP₁ 为短轴的椭圆 PEP₁Q 绕 PP₁ 旋转而成的椭球体,椭圆长轴旋转形成的平面与地球赤道平面相重合,因此称为地球椭球体,如图 1-2 所示。其表面称为旋转椭球面,它与大地水准面虽不能完全重合,但是最为接近。

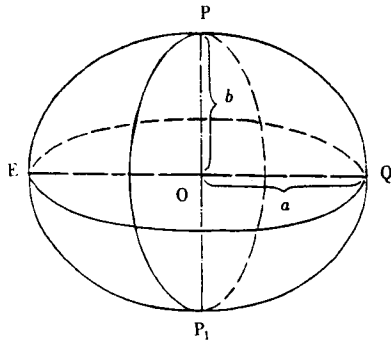


图 1-2 地球椭球体

决定地球椭球体形状大小的参数为椭圆的长半径 a 和短半径 b ,由此可以计算出另一个参数——扁率 f :

$$f = \frac{a - b}{a} \quad (1-3-1)$$

随着科学技术的进步,可以越来越精确地确定这些参数。到目前为止,已知其精确值为

$$a = 6378137\text{m}$$

$$b = 6356752\text{m}$$

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

由于地球椭球体的扁率甚小,当测区面积不大时,在某些测量工作的计算中,可以把地球当作圆球看待,其半径 R 按下式计算:

$$R = \frac{1}{3}(2a + b) \quad (1-3-2)$$

其近似值为 6371km。

§ 1-4 地面点位的确定

测量工作的根本任务是确定地面点位。要确定某地面点的空间位置,通常是求出该点相对于某基准面和基准线的三维坐标或二维坐标。下面介绍几种用以确定地面点位的坐标系。

一、地理坐标系

地理坐标系属球面坐标系,根据不同的投影面,又分为天文地理坐标系和大地地理坐标系。

(一) 天文地理坐标系

天文地理坐标又称天文坐标,用天文经度 λ 和天文纬度 φ 来表示地面点投影在大地水准面上的位置,如图 1-3 所示。

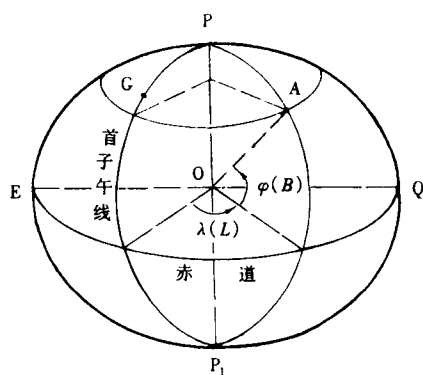


图 1-3 地理坐标系

确定球面坐标 (λ, φ) 所依据的基本线为铅垂线,基本面为包含铅垂线的子午面。图中, PP_1 为地球的自转轴, P 为北极, P_1 为南极。地面上任一点 A 的铅垂线与地轴 PP_1 所组成的平面称为该点的子午面,子午面与地球面的交线称为子午线,也称经线。 A 点的经度 λ 是 A 点的子午面与首子午面[国际公认通过英国格林尼治(Greenwich)天文台的子午面——计算经度的起始面]所组成的两面角。其计算方法为自首子午线向东或向西计算,数值在 $0^\circ \sim$

180°之间,向东为东经,向西为西经。垂直于地轴的平面与地球面的交线为纬线。垂直于地轴并通过地球中心 O 的平面为赤道平面,与地球面相交为赤道。A 点的纬度 φ 是过 A 点的铅垂线与赤道平面之间的交角,其计算方法为自赤道起向北或向南计算,数值在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 之间,在赤道以北为北纬,在赤道以南为南纬。天文地理坐标可以在地面点上用天文测量的方法测定。

(二) 大地地理坐标系

大地地理坐标系用大地经度 L 和大地纬度 B 表示地面点投影在地球椭球面上的位置。确定球面坐标 (L, B) 所依据的基本线为椭球面的法线,基本面为包含法线及南北极的大地子午面。A 点的大地经度 L 是 A 点的大地子午面与首子午面所夹的两面角, A 点的大地纬度 B 是过 A 点的椭球面法线与赤道平面的交角。大地经纬度是根据一个起始的大地点(称为大地原点,该点的大地经纬度与天文经纬度相一致)的大地坐标,按大地测量所得数据推算而得。我国以设立在陕西省泾阳县的大地原点为大地坐标的起算点,由此建立的坐标系称为“1980 年国家大地坐标系”。

二、地心坐标系

地心坐标系属空间三维直角坐标系,用于卫星大地测量。由于人造地球卫星围绕地球运动,地心坐标系取地球质心(地球的质量中心)为坐标系原点, X, Y 轴在地球赤道平面内,首子午面与赤道平面的交线为 X 轴, Z 轴与地球自转轴相重合,如图 1-4 所示。地面点 A 的空间位置用三维直角坐标 x_A, y_A, z_A 表示。

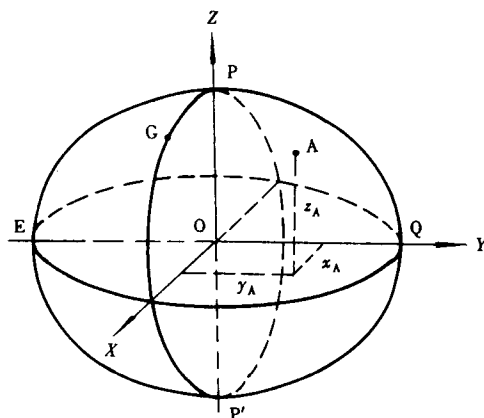


图 1-4 地心坐标系

地心坐标系和大地地理坐标系可以通过一定的数学公式进行换算。

三、平面直角坐标系

采用地心坐标系或地理坐标系确定地面点位一般适用于少数高级控制点或作为初始的

计算,而对于确定大量的地面点位来说,则是不直观和不方便的,测量的计算和绘图最好是在平面上进行。但是地球表面是一个不可展平的曲面,把球面上的点位化算到平面上,称为地图投影。我国普遍采用高斯(Gauss)投影的方法。

(一) 高斯平面直角坐标系

高斯投影的方法首先是将地球按经线划分成带,称为投影带,投影带是从首子午线起,每隔经度 6° 划为一带(称为 6° 带),如图 1-5 所示,自西向东将整个地球划分为 60 个带。带号从首子午线开始,用阿拉伯数字表示,位于各带中央的子午线称为该带的中央子午线(或称主子午线),如图 1-6 所示,第一个 6° 带的中央子午线的经度为 3° ,任意一个带中央子午线经度 λ_0 可按式计算:

$$\lambda_0 = 6N - 3 \tag{1-4-1}$$

式中, N 为投影带号。

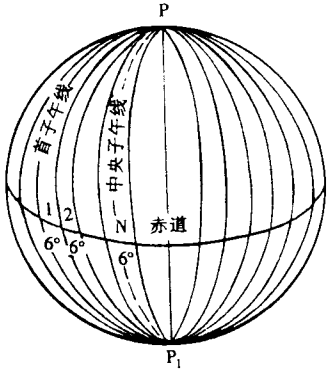


图 1-5 高斯投影分带

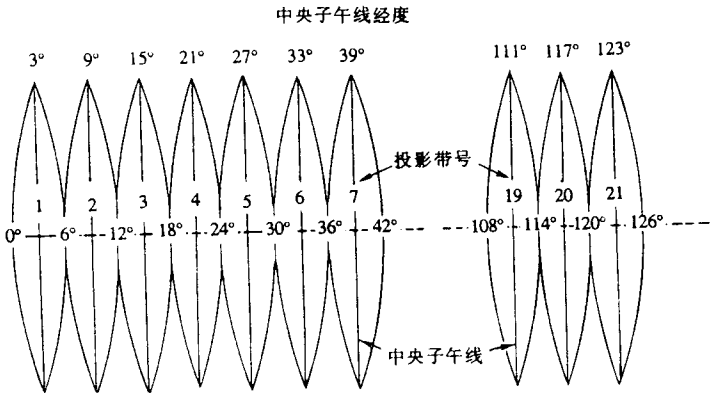


图 1-6 6° 带中央子午线及带号

采用高斯投影时,设想取一个空心圆柱体与地球椭球体的某一中央子午线相切(图 1-7),在球面图形与柱面图形保持等角的条件下,将球面图形投影在圆柱面上。然后将柱体沿着通过南、北极的母线切开,并展开成平面。在这个平面上,中央子午线与赤道成为相互垂直的直线,分别作为高斯平面直角坐标系的纵轴(X 轴)和横轴(Y 轴),两轴的交点 O 作

为坐标的原点,如图 1-8(a)所示。

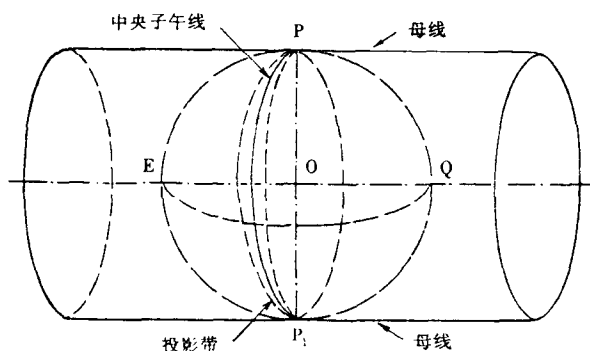


图 1-7 高斯平面直角坐标的投影

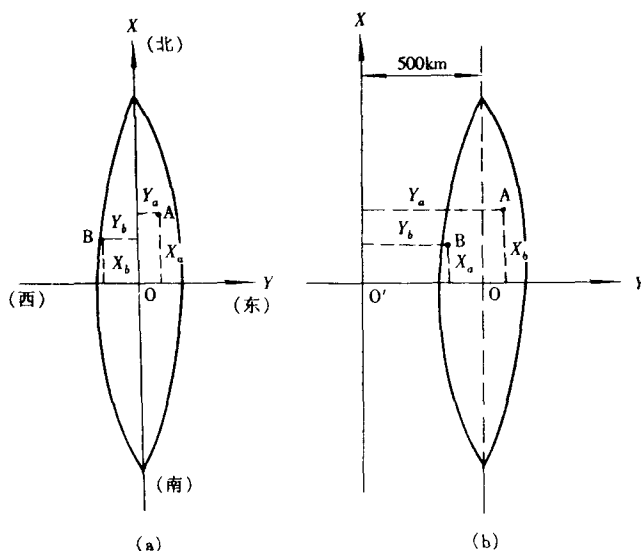


图 1-8 高斯平面直角坐标

在坐标系内,规定 X 轴向北为正, Y 轴向东为正。我国位于北半球,境内 X 坐标值恒为正, Y 坐标值则有正有负,例如,图 1-8(a)中, $y_a = +27\,680\text{m}$, $y_b = -34\,240\text{m}$ 。为避免出现负值,将每个投影带的坐标原点向西移 500km ,则投影带中任一点的横坐标值也恒为正值。例如,图 1-8(b)中, $y_a = 500\,000 + 27\,680 = 527\,680\text{m}$, $y_b = 500\,000 - 34\,240 = 465\,760\text{m}$ 。

为了能确定某点在哪一个 6° 带内,在横坐标值前冠以带的编号。例如,设 A 点位于第 20 带内,则其横坐标值 $y_a = 20527\,680\text{m}$ 。

高斯投影中,虽然能使球面图形的角度和平面图形的角度保持不变,但任意两点间的长度却产生变形(投影在平面上的长度大于球面长度),称为投影长度变形。离中央子午线愈远,则变形愈大,变形过大,对于测图和用图都是不方便的。 6° 带投影后,其边缘部分的变形能满足 $1:25\,000$ 或更小比例尺测图的精度,当进行 $1:10\,000$ 或更大比例尺测图时,要求投影变形更小,可采用 3° 分带投影法或 1.5° 分带投影法。

(二) 地区平面直角坐标

当测量的范围较小时,可以把该测区的地表一小块球面当作平面看待。将坐标原点选在测区西南角使坐标均为正值,以该地区中心的子午线为 X 轴方向。建立该地区的独立平面直角坐标系。

(三) 建筑坐标系

在房屋建筑或其他工程建筑工地,为了对其平面位置进行施工放样的方便,使所采用的平面直角坐标系与建筑设计的轴线相平行或垂直,对于左右、前后对称的建筑物,甚至可以把坐标原点设置于其对称中心,以简化计算。

将地区平面直角坐标系或建筑坐标系与当地高斯平面直角坐标系进行连测后,可以将点的坐标在这两种坐标系之间进行坐标换算。

四、地面点的高程

地面点到大地水准面的铅垂距离称为绝对高程(简称高程,又称为海拔)。图 1-9 中 A、B 两点的绝对高程分别为 H_A, H_B 。

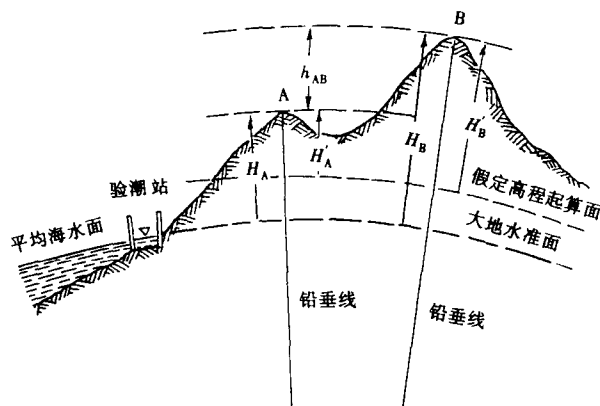


图 1-9 高程和高差

由于海水面受潮汐、风浪等影响,它的高低时刻在变化。通常是在海边设立验潮站,进行长期观测,求得海水面的平均高度作为高程零点,也就是设大地水准面通过该点。在大地水准面上,绝对高程为零。大地水准面为高程的起算面。

在局部地区,有时需要假定一个高程起算面(水准面),地面点到该水准面的垂直距离称为假定高程或相对高程。如图 1-9 所示, A、B 点的相对高程分别为 H'_A, H'_B 。建筑工地常以建筑物地面层的设计地坪为高程零点,其他部位的高程均相对于地坪而言,称为标高。标高也是属于相对高程。

地面上两点间绝对高程或相对高程之差称为高差,用 h 表示。如图 1-9 所示, A、B 两点间的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1-4-2)$$