

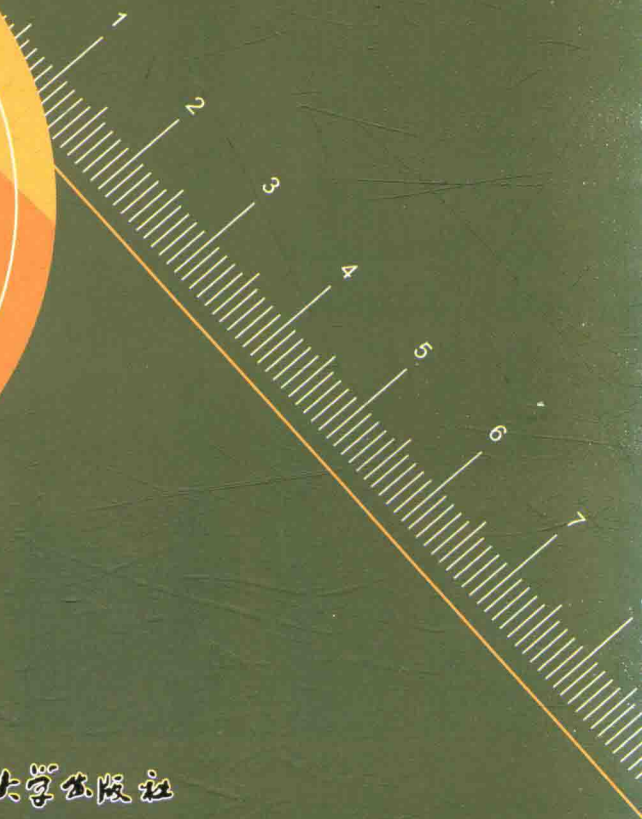
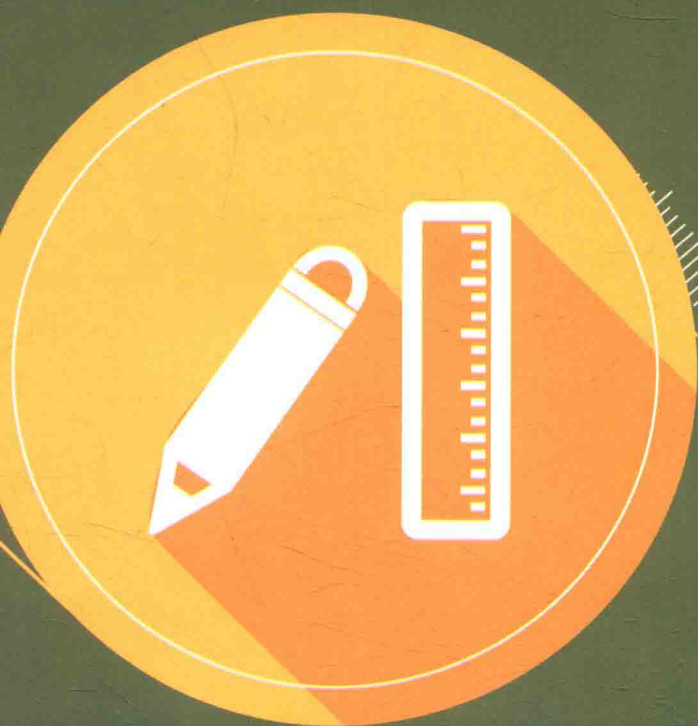
J 建筑工程

IANZHU GONGCHENG CELIANG



测量

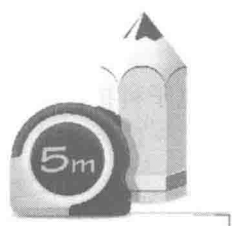
主 编◎马华宇 姜留涛



电子科技大学出版社

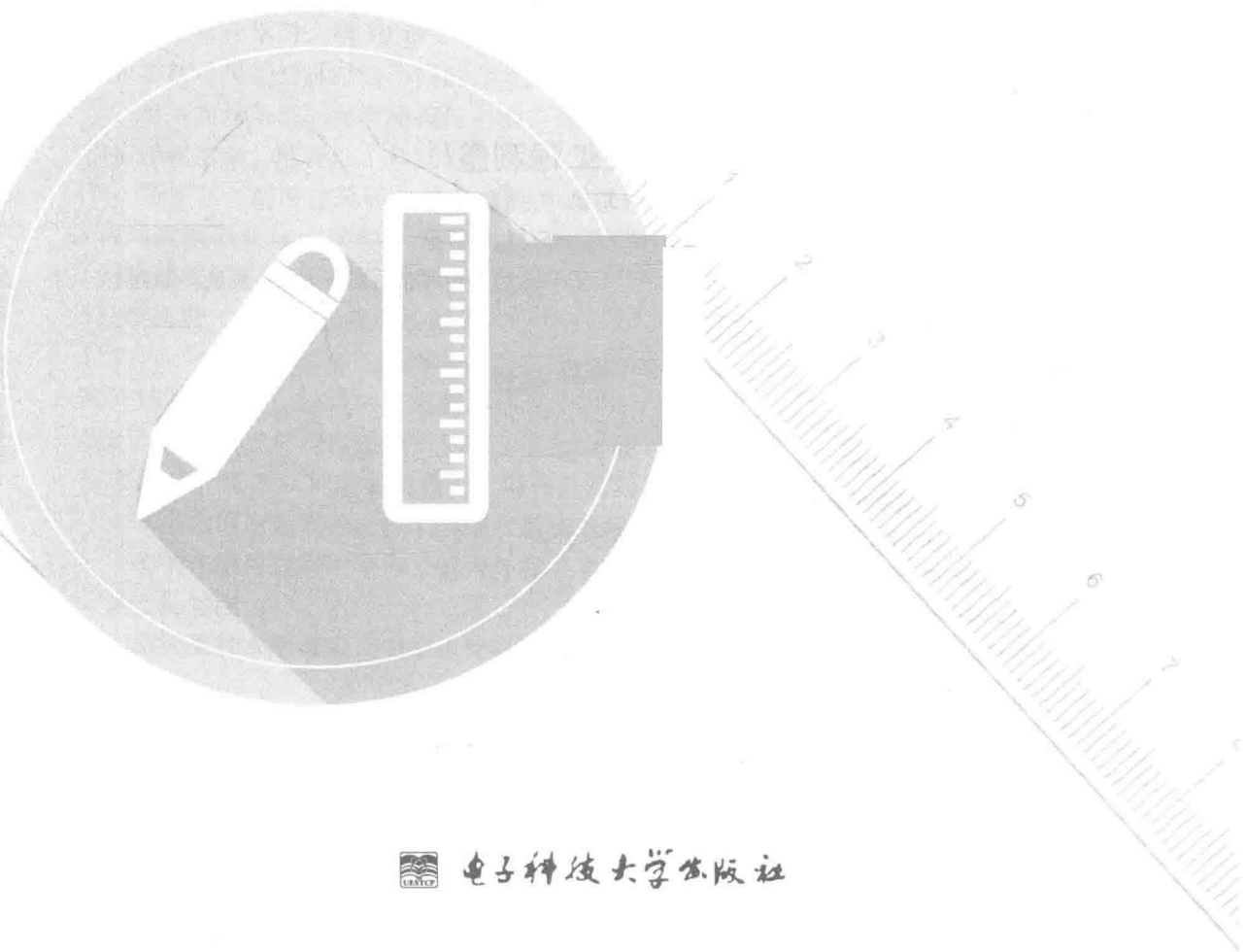
J 建筑工程

JIANZHU GONGCHENG CELIANG



测量

主 编◎马华宇 姜留涛
副主编◎肖启荣 张文明 柴伟杰 余培杰 王学军 王丽艳
参 编◎陈春红 刘延伦 李延鹏 孙 涛 王 毅 林建峰
主 审◎张敬伟



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量 / 马华宇, 姜留涛主编. — 成都 :
电子科技大学出版社, 2015. 6
ISBN 978 - 7 - 5647 - 3057 - 4
I. ①建… II. ①马… ②姜… 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(2015)第 139086 号

建筑工程测量

主编 马华宇 姜留涛

出版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)
策划编辑: 李述娜
责任编辑: 李述娜
主 页: www.uestp.com.cn
电子邮箱: uestp@uestp.com.cn
发 行: 新华书店经销
印 刷: 北京市通县华龙印刷厂
成品尺寸: 185mm × 260mm 印张 20.5 字数 515 千字
版 次: 2015 年 6 月第一版
印 次: 2015 年 6 月第一次印刷
书 号: ISBN 978 - 7 - 5647 - 3057 - 4
定 价: 45.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028 - 83202463; 本社邮购电话: 028 - 83201495。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

在工程建设中,工程测量是建筑工程施工的关键环节和保证工程质量的主要因素。为了培养建筑工程类专业实用型专门人才,编者以多年的施工一线的实践经验和多年的教学经验为基础,对建筑工程测量知识进行编排,参照最新的工程测量规范和标准编写了该教材。

本书以《工程测量规范》(GB50026-2007)为基础,结合建筑物的整个建造过程,将“工程测量基础”和“建筑工程施工”的理论、方法融为一体,形成较为完整的、适合高职高专土建施工类专业课程体系要求的“建筑工程测量”知识体系。在编写过程中,坚持“以应用为目的,专业理论知识以需求够用为度”的原则,重视与实际工程的联系,每个章节后安排有对应的技能训练项目和课后思考题。一方面注重理论教学的系统性,另一方面又突出工程测量的实践性,做到了“教、学、练、做”一体化。

本书内容可按照84学时安排,推荐学时分配:第1章4学时,第2章14学时,第3章14学时,第4章4学时,第5章6学时,第6章4学时,第7章8学时,第8章8学时,第9章4学时,第10章2学时,第11章8学时,第12章4学时,第13章4学时。各个学校可根据情况结合不同的专业灵活安排。

本书由马华宇、姜留涛担任主编,肖启荣、张文明、柴伟杰、余培杰、王学军、王丽艳担任副主编,陈春红、刘延伦、孙涛、王毅、李延鹏、林建峰参与了编写。具体分工如下:马华宇(河南建筑职业技术学院)编写项目1,并负责全书的组织和统稿;陈春红(河南建筑职业技术学院)编写项目2;余培杰(郑州财经学院)编写项目3;柴伟杰(河南建筑职业技术学院)编写项目4;姜留涛(陕西铁路工程职业技术学院)编写项目5;李延鹏(郑州市土地测绘服务部)编写项目6;肖启荣(达州职业技术学院)编写项目7;王学军、王丽艳(沧州职业技术学院)编写项目8;刘延伦(河南建筑职业技术学院)编写项目9;林建峰(河南海华工程建设监理公司)编写项目10;孙涛(河南省地质矿产勘查开发局测绘地理信息院)编写项目11;张文明(河南建筑职业技术学院)编写项目12;王毅(河南省地质矿产勘查开发局测绘地理信息院)编写项目13。

本书由河南建筑职业技术学院张敬伟老师主审。

本书在编写过程中参考了国内外相关文献,吸取了很多宝贵经验,在此向原书作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请各位专家和读者批评指正,以期再版时修订。

编者
2015年6月

目 录

第一章 建筑工程测量的基本知识	1
第一节 测量学与建筑工程测量	1
第二节 地球的形状与大小	4
第三节 地面点位置的确定	6
第四节 用水平面代替水准面的限度	12
第五节 测量工作概述	14
小 结	17
习 题	17
第二章 水准测量	18
第一节 水准测量原理	18
第二节 水准测量的仪器及工具	19
第三节 水准仪的使用	24
第四节 水准测量外业观测与检核	26
第五节 水准测量的内业计算	29
第六节 微倾式水准仪的检验与校正	34
第七节 水准测量误差分析及注意事项	38
第八节 其他水准仪简介	41
小 结	47
习 题	55
第三章 角度测量	58
第一节 角度测量原理	58
第二节 角度测量的仪器及工具	60
第三节 经纬仪的使用	64

第四节	水平角测量方法	66
第五节	竖直角测量方法	70
第六节	经纬仪的检验与校正	73
第七节	角度测量误差分析及注意事项	77
第八节	电子经纬仪简介	81
小 结		83
习 题		92
第四章	距离测量与直线定向	94
第一节	钢尺量距	94
第二节	视距测量	103
第三节	电磁波测距	107
第四节	直线定向	114
小 结		117
习 题		119
第五章	全站仪与 GNSS 概述	120
第一节	全站仪综述	120
第二节	全站仪的使用	124
第三节	GNSS 概述	139
小 结		145
习 题		146
第六章	测量误差基础	147
第一节	测量误差概述	147
第二节	衡量精度的标准	150
第三节	观测值的算术平均值及其中误差	152
第四节	误差传播定律及其应用	156
小 结		158
习 题		158
第七章	小区域控制测量	159
第一节	控制测量概述	159
第二节	导线测量	165

第三节 导线测量内业计算	167
第四节 高程控制测量	176
第五节 GNSS 控制测量概述	182
小 结	194
习 题	200
 第八章 地形图的测绘与应用	 201
第一节 地形图的基本知识	201
第二节 大比例尺地形图的测绘方法	215
第三节 数字化测图	223
第四节 地形图的应用	230
小 结	238
习 题	239
 第九章 测设的基本工作	 240
第一节 测设的基本工作	240
第二节 点的平面位置测设	244
第三节 已知坡度线的测设	249
小 结	251
习 题	255
 第十章 建筑施工控制测量	 256
第一节 施工测量概述	256
第二节 施工控制网的布设	258
第三节 施工坐标与测量坐标的转换	261
小 结	263
习 题	264
 第十一章 民用建筑施工测量	 265
第一节 建筑施工测量概述	265
第二节 建筑物的定位与放线	269
第三节 基础施工测量	276
第四节 墙体施工测量	279
第五节 高层建筑施工测量	282

第六节 竣工总平面图的绘制	286
小 结	288
习 题	288
第十二章 工业建筑施工测量	289
第一节 厂房控制网的测设	289
第二节 厂房基础施工测量	292
第三节 工业构件施工测量	295
第四节 烟囱、水塔施工测量	299
小 结	302
习 题	302
第十三章 变形观测	303
第一节 变形观测概述	303
第二节 沉降观测	306
第三节 位移观测	312
小 结	317
习 题	317
参考文献	318

第一章 建筑工程测量的基本知识

知识目标

- 掌握测绘学的概念及其分类；
- 掌握大地水准面、测量的基准面及基准线等的概念；
- 了解高斯投影及高斯平面直角坐标系的设计原理；
- 明确测量的三项基本工作。

能力目标

- 能区分不同坐标系的设计原理及坐标元素；
- 能明确本教材学习主题及学习重点。

引言

工程测量学是测绘学下属分支学科中的一门实用技术课，也是土木工程、道路工程、水利工程和桥梁隧道工程等专业的一门必修课，学习本课程的目的为了掌握地形图测绘、地形图应用和工程施工放样的基本理论和方法。

在各类工程施工过程中测绘人员所提供的技术服务一般分为三个阶段：

1. 地形图测绘：运用各种测量仪器、软件，通过实地测量，把待建设工程所在范围内地面上的地物、地貌按一定的比例尺测绘成大比例尺图，为工程设计人员提供设计所需要的资料；
2. 施工放样：将工程设计图上设计的建、构筑物各个结构的点、线位置信息在现场做出标记，作为施工的依据；
3. 变形观测：监测建、构筑物在施工与使用阶段的沉降和位移状态，以便采取措施防治，保证建筑物的安全运营。

第一节 测量学与建筑工程测量

测绘学是一门古老的学科，有着悠久的历史。随着人类社会的进步、经济的发展和科技水平的提高，测绘学科的理论、技术、方法及其学科内涵也随之不断地发生变化。尤其是在当代，由于空间技术、计算机技术、通信技术和地理信息技术的发展，致使测绘学的理论基

础、工程技术体系、研究领域和科学目标正在为适应新形势的需要而发生深刻的变化。

一、测绘学的概念

测绘学是研究地理信息的获取、处理、描述和应用的一门科学。其内容包括：研究测定、描述地球的形状、大小、重力场、地表形态以及它们的各种变化，确定自然和人工物体、人工设施的空间位置及属性，制成各种地图（含地形图）和建立有关信息系统。现代测绘学的技术已部分应用于其他行星和月球上。

测绘学主要研究测定和推算地面点的几何位置、地球形状及地球重力场，据此测量地球表面自然形状和人工设施的几何分布，并结合某些社会信息和自然信息的地理分布，编制全球和局部地区各种比例尺的地图和专题地图的理论和技术的学科。测绘学又称测量学，按照不同的工作性质，它包括测定和测设两项主要内容。

1. 测定——测定是指使用测量仪器和工具，通过测量和计算，得到一系列测量数据或成果，从而各类目标点的坐标，供经济建设、国防建设及科学研究使用。比如地形图测绘工作。

2. 测设——测设（放样）是指使用测量仪器和工具，把图纸上规划设计好的建筑物（构筑物）的位置坐标信息，用一定的测量方法将其标定在实地上，作为施工的依据。

二、测绘学的分支

根据研究对象及任务的不同，传统的测绘学分为以下几个分支学科：

1. 大地测量学

测绘学的主要研究对象是地球及其表面的各种形态。为此，首先要研究和测定地球的形状、大小及其重力场，并在此基础上建立一个统一的坐标系统，用以表示地表任意一点在地球上的准确几何位置。地球的外形非常近似于一个椭球，在测绘学中即用一个同地球外形极为接近的旋转椭球来代表地球，称为地球椭球。地面上任意一点的几何位置即用这点在地球椭球面上的经纬度和点的高程表示。测绘学中研究测定地球形状及地球重力场，地球椭球参数，以及地面点的几何位置的理论和方法的这一分支学科称为大地测量学。

2. 普通测量学

有了大量地面点的平面坐标和高程，就可以此为基础进行地表形态的测绘工作。其中包括地表的各种自然形态，如水系、地貌、土壤和植被的分布；也包括人类社会活动所产生的各种人工形态，如境界线、居民地、交通线和各种建筑物的位置。由于地表形态的测绘工作是分别在面积不大的测区内进行的，在同一测区内可以既不考虑地球曲率，也不顾及地球重力场的微小影响。研究这种理论和技术的分支学科称为普通测量学。

3. 摄影测量学

测绘地表形态，特别是测绘大面积的地表，可以采用摄影方法或电磁波成像的方法，以获得地表形态的信息。然后根据摄影测量的理论和方法，将获得的地表形态信息以模拟的或解析的方式进行处理，使转变为各种比例尺的地形原图或形成地理数据库。这就形成了又一门分支学科——摄影测量学。

4. 工程测量学

各项经济建设和国防工程建设的规划设计、施工和部分建筑物建成后的运营管理中，

都需要一定的测绘资料或利用测绘手段来指导工程的进行,监视建筑物的变形。这些测绘工作往往要根据具体工程的要求,采取专门的测量方法,有时需要特定的高精密度或使用特种测量仪器。研究解决这些问题的理论和技术的分支学科,就是工程测量学。

5. 海洋测量学

海洋环境中进行的测绘工作,同陆地测量有很大的区别。例如:测量工作主要在船上进行,并且大多采用声学或无线电方法;所以,海面上的定位、海底控制网的建立、海面形态和海底地形测量、海洋重力测量以及海图编制等都不同于陆地的同类工作。此外,海图同陆地的地图在用途上也不尽相同。由此,在测绘学中又形成一个专门学科,称为海洋测绘。

6. 地图制图学

测图过程所得到的成果只是地形原图或海图的原图,还要经过编绘、整饰和制印,或增加某些专门要素,才能形成各种比例尺的地形图或海图以及各种专题地图。为此,必须进行地图投影、地图编制、地图整饰和地图制印等工作。研究这方面的理论和技术的分支学科称为地图制图学。

现阶段,随着空间技术、计算机技术、信息技术以及通信技术的发展,测绘学出现了以3S技术为代表的现代测绘科学技术,使测绘学科从理论到技术方法发生了根本性的变化。3S主要包含了以下三门学科:

全球卫星定位系统 GNSS (Global Navigation Satellite System) 是利用卫星信号进行导航定位的各种定位系统统称,主要用于实时、快速地提供目标的空间位置。目前已建或正在建的全球卫星定位系统主要有美国的 GPS 卫星系统、俄罗斯 GLONASS 卫星系统、欧盟伽利略 (GALILEO) 卫星系统及中国北斗卫星系统。

遥感 RS (Remote Sensing) 是不接触物体本身,用传感器采集目标物的电磁波信息,经处理、分析后,识别目标物,揭示其几何、物理性质和相互联系及其变化规律的现代科学技术。一切物体,由于其种类及环境条件不同,因而具有反射或辐射不同波长的电磁波的特性。遥感技术就是利用物体的这种电磁波特性,通过观测电磁波,从而判读和分析地表的目标及现象,达到识别物体及物体所在的环境条件的技术。RS 用于实时、快速地提供大面积地表物体及其环境的几何、物理信息和各种变化。

地理信息系统 GIS (Geographic Information System) 是在计算机软件和硬件支持下,把各种地理信息按照空间分布及属性以一定的格式输入、存储、检索、更新、显示、制图和综合分析应用的技术系统。它是将计算机技术与空间地理分布数据相结合,通过一系列空间操作和分析方法,为地球科学、环境科学和工程设计,乃至政府行政职能和企业经营提供对规划、管理和决策有用的信息,并回答用户提出的有关问题。GIS 用于多种来源的时空数据的综合处理分析和应用平台。

三、建筑工程测量概述

建筑工程测量是面向土木建筑类工程的勘测、规划、设计、施工与管理等专业的测量学,属于普通测量学和工程测量学范畴。主要任务是:

1. 研究测绘大比例尺地形图的理论和方法

大比例尺地形图是工程勘察、规划和设计的依据。测量学是研究确定地面局部区域建

筑物、构筑物、天然地物和地貌的空间三维坐标的原理和方法,研究局部地区地图投影理论,以及将测绘资料按比例绘制成地形图或电子地图的原理和方法。

2. 研究在地形图上进行规划、设计的基本原理和方法

在地形图上进行土地平整、土方计算、道路选线、房屋设计和区域规划的基本原理和方法。

3. 研究建(构)筑物施工放样及施工质量检验的技术和方法

研究将规划设计在图纸上的建筑物、构筑物准确地放样和标定在地面上的技术和方法。研究施工过程中的监测技术,以保证施工的质量和安全。

4. 对大型建(构)筑物的安全性进行位移和变形监测

在大型建筑物施工过程中或竣工后,为确保工程施工和使用的安全,应对建筑物进行位移和变形监测。主要讲述位移和变形监测的技术和方法。

测量工作贯穿于工程建设的整个过程之中。离开了测绘资料,就难以进行科学合理地规划、设计;离开了施工测量,就不能安全、优质地施工;离开了位移和变形观测,就不能有效地研究规划和施工的技术质量,也不能及时采取有效的安全措施,也不能为研究新的科学的设计理论和方法提供依据。因此,从事建筑工程类相关专业的技术人员和管理人员,必须掌握测量的基本知识和技能。

第二节 地球的形状与大小

测绘工作大多是在地球表面上进行的,测量基准的确定,测量成果的计算及处理都与地球的形状和大小有关。下面简要介绍与其相关的几个概念。

一、大地水准面

地球的自然表面是很不规则的,其上有高山、深谷、丘陵、平原、江湖、海洋等,最高的珠穆朗玛峰高出海水面达 8844.43 m,最低的马里亚纳海沟低于海水面达 11 034 m。其相对高差不足 20 km,与地球的平均半径 6371 km 相比,是微不足道的,就整个地球表面而言,陆地面积仅占 29%,而海洋面积占了 71%。

因此,我们可以设想地球的整体形状是被海水所包围的球体,即设想将一静止的海洋面扩展延伸,使其穿过大陆和岛屿,形成一个封闭的曲面,静止的海水面称作水准面。由于海水受潮汐风浪等影响而时高时低,故水准面有无穷多个,其中与平均海水面相吻合的水准面称作大地水准面。由大地水准面所包围的形体称为大地体。通常用大地体来代表地球的真实形状和大小。

二、基准线与基准面

地球是太阳系中的一颗行星,它围绕着太阳旋转,又绕着自己的旋转轴自转。地球上的各种物体都受到地心引力、地球自转的离心力及太阳、月亮等星体的引力作用。这里主要考虑地心引力和离心力作用,这两个力的合力称为重力,一条细绳系一个锤球,细绳在

重力作用下形成的下垂线，称为铅垂线。铅垂线方向即重力的方向，铅垂线是测量工作的基准线。

水是均质流体，而地球表面的水受重力的作用，其表面就形成了一个处处与重力方向垂直的连续曲面，称为水准面。与水准面相切的平面称为水平面。自由、静止的海洋和湖泊等的水面都是水准面。水准面因其高度不同而有无穷多个，但水准面之间因高度不同不会相交。所以，我们以大地水准面作为测量工作的基准面。

三、参考椭球面

由于地球内部质量分布不均匀，致使地面上各点的铅垂线方向产生不规则变化，所以，大地水准面是一个不规则的无法用数学式表述的曲面，在这样的面上是无法进行测量数据的计算及处理的。因此，人们进一步设想，用一个与大地体非常接近的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 1-1 所示，它是由椭圆 NESW 绕短轴 NS 旋转而成。它是一个规则的曲面体。可以用数学公式来表示，即

$$\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{a^2} + \frac{Z^2}{b^2} = 1 \quad (1-1)$$

式中： a 、 b 为参考椭球体的几何参数。 a 为长半径， b 为短半径。参考椭球体扁率 α 应满足下式：

$$\alpha = \frac{a-b}{a} \quad (1-2)$$

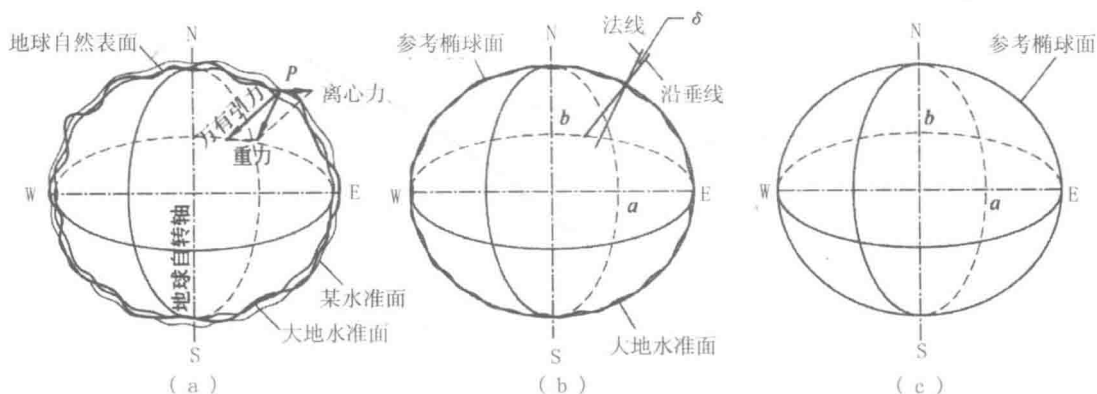


图 1-1 地球的形状与大小

某一国家或地区为处理测量成果而采用与大地体的形状大小最接近，又适合本国或本地区要求的旋转椭球，这样的椭球体称为参考椭球体。确定参考椭球体与大地体之间的相对位置关系，称为椭球体定位。参考椭球体面只具有几何意义而无物理意义，它是严格意义上的测量计算基准面。

几个世纪以来，许多学者分别测算出了许多椭球体元素值，表 1-1 列出了几个著名的椭球体。我国的 1954 年北京坐标系采用的是克拉索夫斯基椭球，1980 国家大地坐标系采用的是 1975 年国际椭球，而全球定位系统（GPS）采用的是 WGS-84 椭球。

由于参考椭球的扁率很小，在小区域的普通测量中可将地（椭）球看作圆球，其半径 $R = (a + a + b) / 3 = 6371 \text{ km}$ 。

表 1-1 常用的参考椭球体

椭球名称	长半轴 a (m)	短半轴 b (m)	扁率 α	计算年代和国家	备注
贝塞尔	6 377 397	6 356 079	1: 299. 152	1841 年德国	
海福特	6 378 388	6 356 912	1: 297. 0	1910 年美国	1942 年国际 第一个推荐值
克拉索夫斯基	6 378 245	6 356 863	1: 298. 3	1940 年苏联	中国 1954 年 北京坐标系采用
1975 国际椭球	6 378 140	6 356 755	1: 298. 257	1975 年国际 第三个推荐值	中国 1980 年国家 大地坐标系采用
WGS-84	6 378 137	6 356 752	1: 298. 257	1979 年国际 第四个推荐值	美国 GPS 采用
CGCS2000	6 378 137	6 356 752	1: 298. 257	2008 年 7 月 启用中国	“2000 国家大地坐标 系”

第三节 地面点位置的确定

测量上常用的坐标系有：空间直角坐标系、地理坐标系、高斯投影平面直角坐标系和独立平面直角坐标系等。地面点位的三维在空间直角坐标系中用 X 、 Y 、 Z 表示；在地理坐标系和高斯投影平面直角坐标系中，两个量为平面坐标，它表示地面点沿着基准线投影到基准面上后在基准面上的位置，第三个量是高程，表示地面点沿基准线到基准面的距离。

一、地理坐标系

当研究和测定整个地球的形状或进行大区域的测绘工作时，可用地理坐标来确定地面点的位置。地理坐标是一种球面坐标，按照基准面和基准线及求算坐标方法的不同，地理坐标又可分为天文地理坐标和大地地理坐标两种。

1. 天文地理坐标

以大地水准面为基准面，地面点沿铅垂线投影在该基准面上的位置，称为该点的天文坐标。该坐标用天文经度和天文纬度表示。

如图 1-2 所示，将大地体看作地球， NS 即为地球的自转轴， N 为北极， S 为南极， O 为地球体中心。包含地面点 M 的铅垂线且平行于地球自转轴的平面称为 M 点的天文子午面。天文子午面与地球表面的交线称为天文子午线，也称经线。而将通过英国格林尼治天文台埃里中星仪的子午面称为起始子午面，相应的子午线称为起始子午线或零子午线，并作为经度计量的起点。过点 M 的天文子午面与起始子午面所夹的两面角就称为 M 点的天文经度。用 λ 表示，其值为 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ ，在本初子午线以东的叫东经，以西的叫西经。

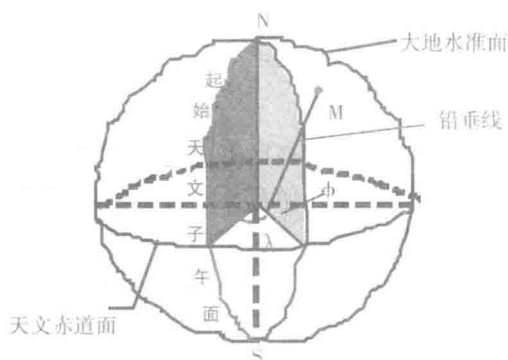


图 1-2 天文地理坐标系

通过地球体中心 O 且垂直于地轴的平面称为天文赤道面。它是纬度计量的起始面。赤道面与地球表面的交线称为赤道。其他垂直于地轴的平面与地球表面的交线称为纬线。过点 M 的铅垂线与赤道面之间所夹的线面角就称为 M 点的天文纬度。在赤道以北的叫北纬，以南的叫南纬，用 Φ 表示，其值为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。

天文坐标 (λ, Φ) 是用天文测量的方法实测得到的。

2. 大地地理坐标

以参考椭球面为基准面，地面点沿椭球面的法线投影在该基准面上的位置，称为该点的大地坐标。该坐标用大地经度和大地纬度表示。如图 1-3 所示，包含地面点 P 的法线且通过椭球旋转轴的平面称为 P 的大地子午面。过 P 点的大地子午面与起始大地子午面所夹的两面角就称为 P 点的大地经度，用 L 表示，其值分为东经 $0^\circ \sim 180^\circ$ 和西经 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。过点 P 的法线与椭球赤道面所夹的线面角就称为 P 点的大地纬度，用 B 表示，其值分为北纬 $0^\circ \sim 90^\circ$ 和南纬 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。我国 1954 年北京坐标系和 1980 年国家大地坐标系就是分别依据两个不同的椭球建立的大地坐标系。

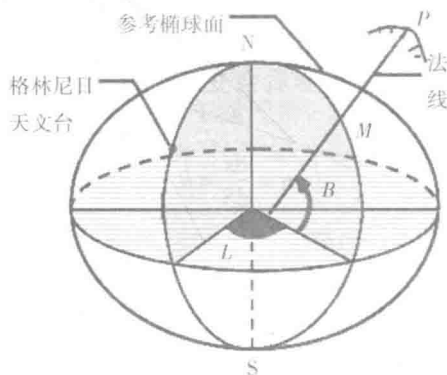


图 1-3 大地地理坐标系

二、高斯投影平面直角坐标系

地理坐标对于局部测量来说计算复杂、烦琐，使用很不方便，因此，把球面问题化简为平面问题，是测量工作满足工程建设及社会事业发展需要的客观要求。

当测区范围大，必须考虑球面弯曲对测量结果的影响时，不能把测量区域当作平面来看待，必须考虑球面变成平面引起的各种变形，需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。我国目前采用的是高斯投影的方法建立平面直角坐标系，该坐标系称为高斯平面直角坐标系。

1. 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，就是假设一个圆柱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圆柱的内表面上，然后将圆柱面沿一条母线剪开并展成平面，即获得投影后的平面图形，如图1-4所示。

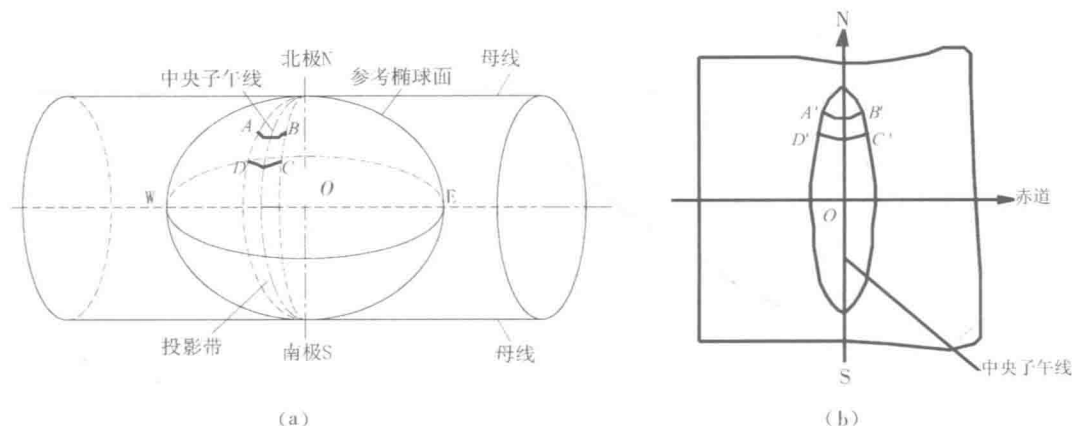


图1-4 高斯投影

该投影的经纬线图形有以下特点：

(1) 保角条件：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，即投影后角度大小不变。

(2) 长度变形固定性：即长度投影后会变形，但是在一点上各个方向的微分线段变形比 m 是个常数 k ：

$$m = \frac{ds}{dS} = k \quad (1-3)$$

式中： ds ——投影后的长度；

dS ——球面上的长度。

(3) 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。

(4) 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。

2. 高斯投影分带

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侧一定的范围，这就是所谓的分带投影，如图1-5所示。

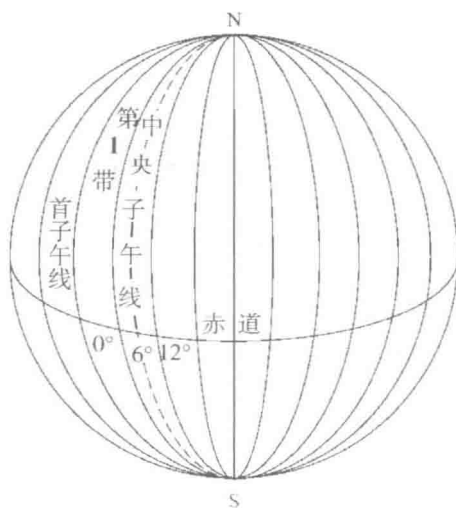


图 1-5 高斯平面直角坐标的分带

投影带一般分为 6° 带和 3° 带两种,如图1-6所示。

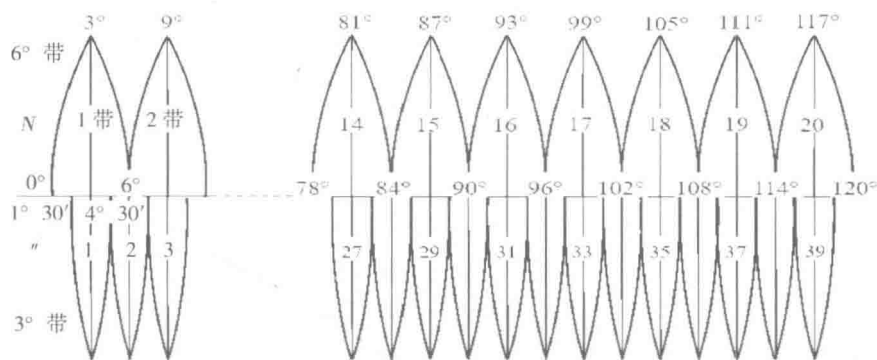


图 1-6 高斯平面直角坐标系 6°带投影与 3°带投影的关系

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

$$L_6 = (6n - 3)^\circ \quad (1-4)$$

式中： n 为 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% 。

(2) 3°投影带是在6°带的基础上划分的。每3°为一带，共120带，其中央子午线在奇数带时与6°带中央子午线重合，每带的中央子午线经度可用下式计算：

$$L_3 = 3^\circ n' \quad (1-5)$$

式中： n' 为 3° 带的带号。 3° 带的边缘最大变形现缩小为长度 0.04% ，面积 0.14% 。

我国领土位于东经 $72^{\circ} \sim 136^{\circ}$ 之间,共包括了 11 个 6° 投影带,即 13~23 带;22 个 3° 投影带,即 24~45 带。我国境内两种投影带的带号不重复。北京天安门在 6° 带的第 20 带中央子午线西,中央子午线经度为 117° 。