

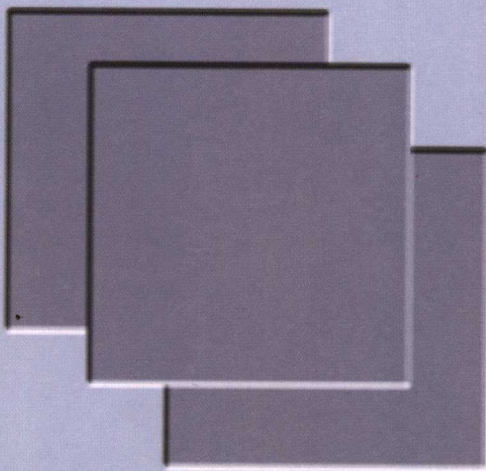


全国高职高专土建类精品规划教材

建筑工程测量

主 编 卢满堂 甄红锋

主 审 解爱国



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

全国高职高专土建类精品规划教材

建筑工程测量

主 编 卢满堂 甄红锋
副主编 张保民 王金玲 魏垂场
刘世祥 贾宝平
主 审 解爱国



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材分3篇和2个附录。第1篇(第1~6章)介绍了测量学的基本知识,测量的三项基本工作以及测量误差的基本理论;第2篇(第7~10章)介绍了测量主要任务之一——地形图测绘(主要介绍了工程上常用的小面积大比例尺地形图测绘);第3篇(第11~16章)介绍了测量的另一主要任务——工程测量。附录介绍了学习测量学必需的实验与实习指导。

本书可供高职院校和职大、业大、夜大、函大、成教等相关专业的师生使用,也可作为工程建设人员和测绘人员的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/卢满堂,甄红锋主编. —北京:中国水利水电出版社,2007

全国高职高专土建类精品规划教材

ISBN 978-7-5084-4436-9

I. 建… II. ①卢…②甄… III. 建筑测量—高等学校:技术学校—教材 IV. TU198

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第024268号

书 名	全国高职高专土建类精品规划教材 建筑工程测量
作 者	主编 卢满堂 甄红锋
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 16.25印张 386千字
版 次	2007年3月第1版 2007年3月第1次印刷
印 数	0001—4100册
定 价	25.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

教育部在《2003—2007 年教育振兴行动计划》中提出要实施“职业教育与创新工程”，大力发展职业教育，大量培养高素质的技能型特别是高技能人才，并强调要以就业为导向，转变办学模式，大力推动职业教育快速发展。高职高专教育的人才培养模式应体现以培养技术应用能力为主线 and 全面推进素质教育的要求。教材是体现教学内容和教学方法的知识载体，进行教学活动的基本工具；是深化教育教学改革，保障和提高教学质量的重要支柱和基础。因此，教材建设是高职高专教育的一项基础性工程，必须适应高职高专教育改革与发展的需要。

为贯彻这一思想，中国水利水电出版社计划出版高职高专系列精品规划教材。在继 2004 年 8 月成功推出《全国高职高专电气类精品规划教材》和 2005 年 8 月成功推出《全国高职高专水利水电类精品规划教材》后，2006 年 3 月，中国水利水电出版社组织全国性的教材研讨会，全国 14 家高职高专院校共同研讨土木建筑专业高职高专教学的目前状况、特色及发展趋势，启动《全国高职高专土建类精品规划教材》的编写和出版工作。

《全国高职高专土建类精品规划教材》是为适应高职高专教育改革与发展的需要，以培养技术应用性的高技能人才的系列教材。为了确保教材的编写质量，参与编写人员都是经过院校推荐、编委会答辩并聘任的，有着丰富的教学和实践经验，其中主编都有编写教材的经历。教材较好地贯彻了建筑行业新的法规、规程、规范精神，反映了当前新技术、新材料、新工艺、新方法和相应的岗位资格特点，体现了培养学生的技术应用能力和推进素质教育的要求，具有创新特色。同时，结合教育部两年制高职教育的试点推行，编委会也对各门教材提出了满足这一发展需要的内容编写要求，可以说，这套教材既能够适应三年制高职高专教育的要求，也适应了两年制高职高专教育培养目标的要求。

《全国高职高专土建类精品规划教材》的出版，是对高职高专教材建设的一次有益探讨，因为时间仓促，教材可能存在一些不妥之处，敬请读者批评指正。

《全国高职高专土建类精品规划教材》编委会

2006 年 11 月

前 言

本教材是根据《全国高职高专土建类精品规划教材》编委会的安排，为适应高职高专教育改革与发展的需要，结合建筑工程技术专业的教育标准、培养目标及该门课程的教学大纲编写的。

本教材在内容上力求实用性和通用性，做到理论知识适度够用、通俗易懂，加强实践性和技能操作，突出知识的应用能力。

本教材可作为高职院校、职工大学、业余大学、夜大学、函授大学、成人教育学院的工民建、给排水、城市规划等土建专业类的教材，也可作为一般工程建设技术人员和测绘人员的自学用书。

本教材的编写人员多数是从测绘工作单位调入教学系统的，具有丰富的测绘实践经验和多年的教学经验。参加编写的作者及分工：山西水利职业技术学院卢满堂编写第1章和附录；山东水利职业学院甄红锋编写第7章、第10章和第12章；广东水利电力职业技术学院张保民编写第9章、第11章和第16章；湖北水利水电职业技术学院王金玲编写第5章、第6章和第15章；山西水利职业技术学院贾宝平编写第2章和第8章；福建水利电力职业技术学院魏垂场编写第3章和第4章；华北水利水电学院水利职业学院刘世祥编写第13章和第14章。全书由卢满堂统稿，山西水利职业技术学院解爱国主审。

本教材在编写过程中得到了山西水利职业技术学院建筑工程系的大力支持，特别是陈帅老师和张艳华老师做了大量工作。山西建工集团高级工程师郝登朝也对本教材的内容提出了许多宝贵的意见，在此一并致谢。

热忱希望广大师生和读者对本书尚存在的疏误和不足，予以批评指正。

编 者

2006年12月

目 录

序

前言

第 1 篇 测量学的基本知识与测量基本工作

第 1 章 测量学的基本知识	3
1.1 测量学的研究对象及建筑工程测量的任务	3
1.2 地面点位置的表示方法	4
1.3 测量工作中用水平面代替水准面的限度	10
1.4 测量工作概述	11
小结	13
习题	13
第 2 章 水准测量	14
2.1 水准测量的原理	14
2.2 水准测量的仪器和工具	15
2.3 水准仪的使用	18
2.4 等外水准测量	19
2.5 水准仪的检验与校正	24
2.6 水准测量误差的来源及消减方法	26
2.7 其他水准仪简介	29
小结	30
习题	30
第 3 章 角度测量	32
3.1 水平角测量原理	32
3.2 角度测量仪器和工具	32
3.3 光学经纬仪的使用	35
3.4 水平角的观测	37
3.5 竖直角观测	40
3.6 经纬仪的检验与校正	43
3.7 角度测量的误差分析	46
3.8 其他经纬仪简介	47
小结	51
习题	51
第 4 章 距离测量	53

4.1 概述	53
4.2 距离丈量	53
4.3 视距测量	58
4.4 光电测距	61
小结	64
习题	64
第5章 方向测量	65
5.1 直线定向	65
5.2 距离、方向与地面点直角坐标的关系	69
小结	71
习题	71
第6章 测量误差的基本知识	72
6.1 测量误差概述	72
6.2 偶然误差的特性和算术平均值原理	73
6.3 衡量精度的指标	75
6.4 误差传播定律	76
小结	80
习题	81

第2篇 小区域大比例尺地形图测量

第7章 平面控制测量	85
7.1 概述	85
7.2 导线测量	86
7.3 GPS 测量原理	94
7.4 交会定点测量	101
小结	104
习题	104
第8章 高程控制测量	106
8.1 高程控制测量概述	106
8.2 三、四等水准测量	106
8.3 三角高程测量	109
小结	111
习题	111
第9章 碎部测量	112
9.1 概述	112
9.2 白纸测图	122
9.3 数字化测图	128
小结	132

习题	133
第 10 章 地形图的应用	134
10.1 地形图应用的基本内容	134
10.2 在图上量算面积	136
10.3 地形图在工程建设中的应用	139
10.4 地形图在平整土地中的应用及土石方估算	141
10.5 电子地图应用简介	143
小结	146
习题	146

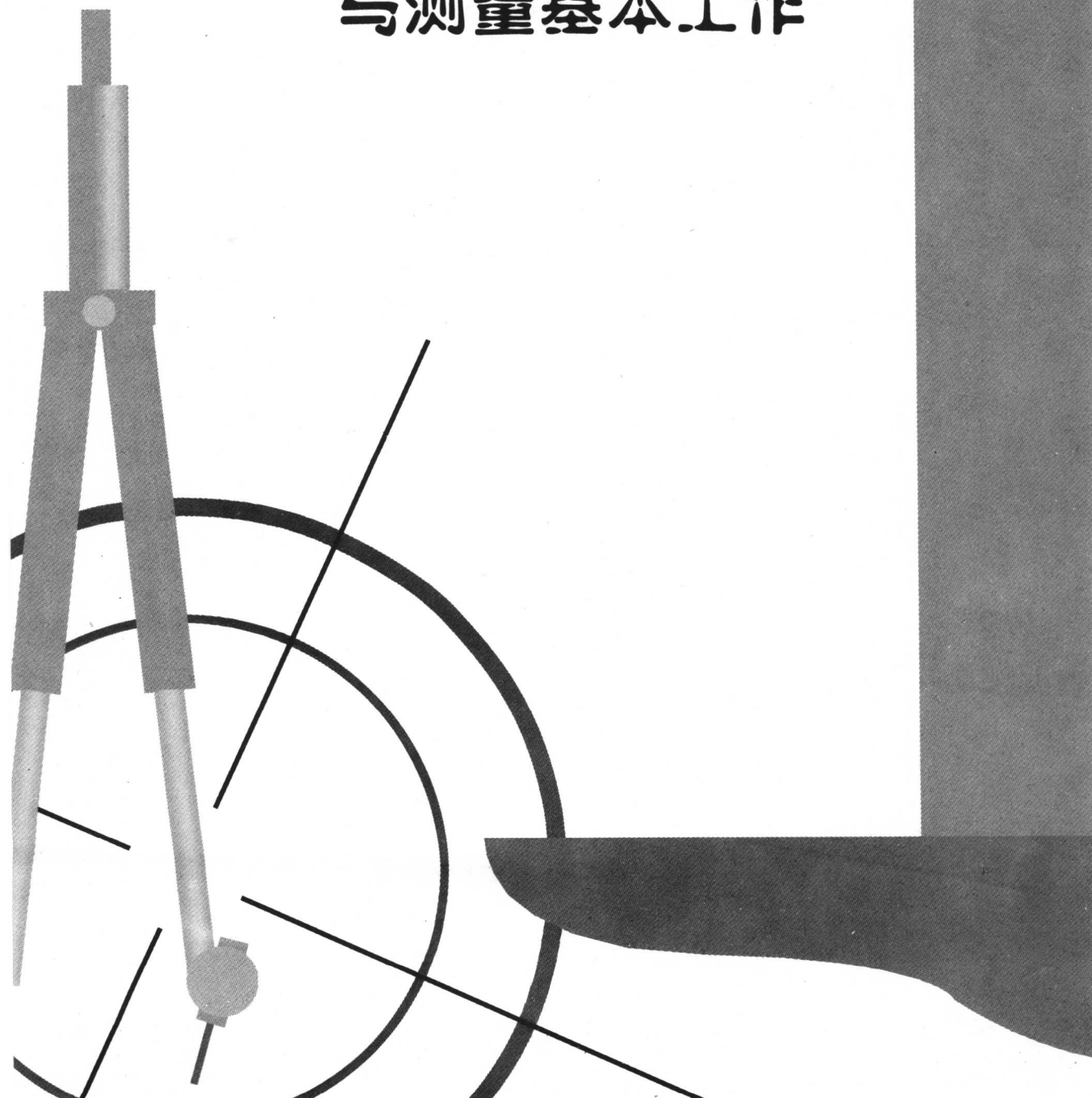
第 3 篇 建 筑 工 程 测 量

第 11 章 施工测量的基本工作	151
11.1 施工测量概述	151
11.2 施工测量基本工作	152
11.3 点的平面位置的测设	156
11.4 已知坡度的测设	161
11.5 圆曲线测设	162
小结	166
习题	167
第 12 章 施工场地的控制测量	168
12.1 概述	168
12.2 坐标系统与换算	169
12.3 建筑基线的测设	170
12.4 建筑方格网的测设	172
12.5 高程控制测量	174
小结	175
习题	175
第 13 章 民用建筑施工测量	177
13.1 概述	177
13.2 施工测量前准备工作	177
13.3 建筑物的定位和放线	179
13.4 建筑物基础施工测量	183
13.5 主体施工测量	185
13.6 高层建筑施工测量	186
小结	190
习题	190
第 14 章 工业厂房施工测量	191
14.1 概述	191

14.2 单一厂房矩形控制网的测设	192
14.3 厂房预制构件安装测量	194
14.4 烟囱或水塔施工测量	197
小结	199
习题	199
第 15 章 管道工程施工测量	200
15.1 概述	200
15.2 管道中线测量	200
15.3 纵、横断面测量	202
15.4 管道施工测量	205
小结	206
习题	206
第 16 章 建筑物的变形观测和竣工测量	207
16.1 概述	207
16.2 建筑物的沉降观测	207
16.3 建筑物的倾斜观测	211
16.4 建筑物位移与裂缝观测	214
16.5 竣工测量	216
小结	217
习题	217
附录一 实验教学指导	218
实验一 水准仪的认识与使用	220
实验二 普通水准测量	222
实验三 四等水准测量	223
实验四 微倾式水准仪的检验与校正	226
实验五 光学经纬仪认识	228
实验六 测回法观测水平角	229
实验七 全圆方向法测水平角	231
实验八 竖直角观测	233
实验九 经纬仪的检验与校正	234
实验十 视距测量	237
实验十一 测设已知水平角和已知水平距离	238
实验十二 测设已知高程和已知坡度	241
实验十三 圆曲线主点测设	243
实验十四 管道中线及纵、横断面测量	245
实验十五 民用建筑定位放线	247
附录二 综合实习指导	248
参考文献	252

第 1 篇

测量学的基本知识 与测量基本工作



第1章 测量学的基本知识

1.1 测量学的研究对象及建筑工程测量的任务

1.1.1 测量学的研究对象

测量学是研究地球的形状、大小和确定地球表面点位的一门学科。其研究的对象主要是地球和地球表面上的各种物体，包括它们的几何形状、空间位置关系以及其他信息。测量学的主要任务有三个方面：一是研究确定地球的形状和大小，为地球科学提供必要的数据和资料；二是将地球表面的地物、地貌测绘成图；三是将图纸上的设计成果测设到现场。

随着科学的发展，测量工具及数据处理方法的改进，测量的研究范围已远远超过地球表面这一范畴。20世纪60年代人类已经对太阳系的行星及其所属卫星的形状、大小进行了制图方面的研究，测量学的服务范围也从单纯的工程建设扩大到地壳的变化、高大建筑物的监测、交通事故的分析、大型粒子加速器的安装等各个领域。

1.1.2 测量学的学科分类

测量学是一门综合性的学科，根据其研究对象和工作任务的不同可分为大地测量学、地形测量学、摄影测量与遥感学、工程测量学以及地图制图学等学科。

大地测量学是研究和确定地球形状、大小、重力场、整体与局部运动和地表面点的几何位置以及它们的变化的理论和技术的学科。其基本任务是建立国家大地控制网，测定地球的形状、大小和重力场，为地形测图和各种工程测量提供基础起算数据；为空间科学、军事科学及研究地壳变形、地震预报等提供重要资料。按照测量手段的不同，大地测量学又分为常规大地测量学、卫星大地测量学及物理大地测量学。

地形测量学是研究如何将地球表面局部区域内的地物、地貌及其他有关信息测绘成地形图的理论、方法和技术的学科。按成图方式的不同地形测图可分为模拟测图和数字化测图。

摄影测量与遥感学是研究利用电磁波传感器获取目标物的影像数据，从中提取语义和非语义信息，并用图形、图像和数字形式表达的学科。其基本任务是通过摄影相片或遥感图像进行处理、量测、解译，以测定物体的形状、大小和位置进而制作成图。根据获得影像的方式及遥感距离的不同，该学科又分为地面摄影测量学、航空摄影测量学和航天遥感测量学。

工程测量学是研究各种工程在规划设计、施工建设和运营管理各阶段所进行的各种测量工作的学科。工程测量是测绘科学与技术国民经济和国防建设中的直接应用。

地图制图学是利用测量所得的资料，研究如何编绘成图以及地图制作的理论、方法、应用等方面的学科。

测量学各分支学科之间互相渗透、相互补充、相辅相成。本课程主要讲述地形测量学



与工程测量学的部分内容。主要介绍工业与民用建筑工程中常用的测量仪器的构造与使用方法,小区域大比例尺地形图的测绘及应用,建筑物和管道工程的施工测量以及高大建筑物变形监测和测量新技术在这些方面的应用。

1.1.3 建筑工程各阶段的测量任务

测量学的任务包括测定和测设两部分。测定是指通过测量得到一系列数据,或将地球表面的地物和地貌缩绘成各种比例尺的地形图。测设是指将设计图纸上规划设计好的建筑物位置,在实地标定出来,作为施工的依据。

建筑工程测量学是运用测量学的基本原理和方法为各类建筑工程服务的一门学科。具体说就是研究建筑工程在勘测设计、施工建设和运营管理阶段所进行的各种测量工作的理论、技术和方法的学科。

一项工程,一般都要经过勘测设计、工程施工、运营和管理等几个阶段。

进行勘测设计,必须要有设计底图。该阶段测量工作的任务就是为勘测设计提供地形图。例如,铁路在设计阶段要收集一切相关的地形资料,以及地质、经济、水文等其他方面的情况,在图上选择几条有价值的线路,然后测量人员测定所选线路上的带状地形图。最后设计人员根据测得的现状地形图选择最佳路线以及在图上进行初步的设计。

在工程施工建设之前,测量人员要根据设计和施工技术的要求把建筑物的空间位置关系在施工现场标定出来,作为施工建设的依据,这一步即为测设工作,也就是我们所说的施工放样。施工放样是联系设计和施工的重要桥梁,一般来讲,精度要求也比较高。

工程在运营管理阶段的测量工作主要指的是工程建筑物的变形观测。为了监测建筑物的安全和运营情况,验证设计理论的正确性,需要定期地对工程建筑物进行位移、沉陷、倾斜等方面的监测,通常以年为单位。反过来,变形监测的数据也可以作为我们以后工程设计的依据。

可见测量工作贯穿于工程建设的整个过程,测量工作直接关系到工程建设的速度和质量。所以,每一位从事工程建设的人员,都必须掌握必要的测量知识和技能。

1.2 地面点位置的表示方法

1.2.1 地球的形状和大小

人们对地球的认识是一个漫长的过程。古代人们由于受到生产力水平的限制,视野比较狭窄,所以认为天是圆的地是方的,即所谓的“天圆地方”。

公元前古希腊,有人提出地球是一个圆球。1522年,麦哲伦及其伙伴完成绕地球一周以后,才确定了地球为球体。17世纪末,牛顿研究了地球自转对地球形态的影响,从理论上推测地球不是一个很圆的球形,而是一个赤道处略为隆起,两极略为扁平的椭球体。

测量工作是在地球表面进行的,然而这个表面是起伏不平的,比如我国西藏与尼泊尔交界处的珠穆朗玛峰高达8844.43m,而在太平洋西部的马里亚纳海沟深达11022m,两者高度差近2万m。尽管有这样大的高差,但相对于半径为6371km的地球来说还是很小的。就整个地球而言,我们知道71%是被海洋所覆盖,因此人们把地球总的形状看成是



被海水包围的球体。如果我们把球面设想成一个静止的海水面向陆地延伸而形成的一个封闭的曲面。那么这个处于静止状态的海水面我们就称为水准面，它所包围的形体称为大地体。由于海水有潮汐，所以取其平均的海水面作为地球形状和大小的标准，如图 1-1 所示。测量上把这个平均海水面称为大地水准面，即测量工作的基准面，我们的测量工作就是在这个面上进行的。

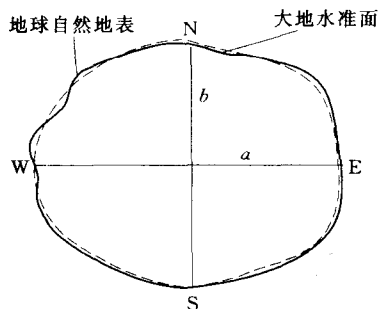


图 1-1 地球自然表面与大地水准面

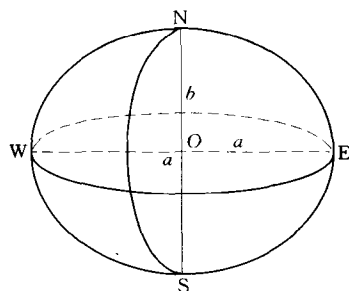


图 1-2 地球椭球体

静止的水准面要受到重力的作用，所以水准面的特性就是处处与铅垂线正交。由于地球内部不同密度物质的分布不均匀，铅垂线的方向是不规则的，因此，大地水准面是一个不规则的曲面。测量工作通常是用悬挂垂球的方法获得铅垂线的方向，而这个垂线方向即为测量工作的基准线。大地水准面是个不规则的曲面，在这个面上是不便于建立坐标系和进行计算的，所以我们要寻求一个规则的曲面来代替大地水准面。长期的测量实践证明，大地体与一个以椭圆的短轴为旋转轴的旋转椭球的形状十分相似，而旋转椭球是可以用公式来表达的。这个旋转椭球可作为地球的参考形状和大小，称为参考椭球体，如图 1-2 所示。

我国目前所采用的参考椭球体为 1980 年国家大地测量坐标系，其坐标原点在陕西省泾阳县永乐镇，称为国家大地原点。其基本元素是：长半轴 $a = 6378140\text{m}$ ，短半轴 $b = 6356755\text{m}$ ，扁率 $c = (a - b) / a = 1/298.257$ 。

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元素值。我国的 1954 年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，而全球定位系统 (GPS) 采用的是 WGS-84 椭球。

表 1-1 常用的几种椭球体

椭球名称	长半轴 a (m)	短半轴 b (m)	扁率	计算年代和国家	备 注
白塞尔	6377397	6356079	1 : 299.152	1841 德国	
海福特	6378388	6356912	1 : 297.0	1909 美国	1942 年国际第一个推荐值
克拉索夫斯基	6378245	6356863	1 : 298.3	1940 苏联	中国 1954 年北京坐标系采用
1975 国际椭球	6378140	6356755	1 : 298.257	1975 国际第三个推荐值	中国 1980 年国家大地坐标系采用
WGS-84	6378137	6356752	1 : 298.257	1979 国际第四个推荐值	美国 GPS 采用



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 $R=6371\text{km}$ 。

1.2.2 地面点位置的表示

测量学的研究对象是地球,实质上是确定地面点的位置。地面上任一点的位置通常由该点投影到地球椭球面的位置和该点到大地水准面的铅垂距离来确定,即坐标和高程。

1.2.2.1 地面点的坐标

坐标系的种类有很多,但与测量相关的有地理坐标系、平面直角坐标系和地心坐标系。

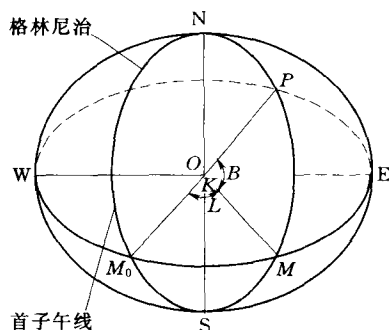


图 1-3 地理坐标

1. 地理坐标

如图 1-3 所示,NS 为椭球的旋转轴,N 表示北极,S 表示南极。通过椭球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,也叫经线。其中通过原英国格林尼治天文台的子午面(线)称为首子午面(线)。通过椭球中心且与椭球旋转轴正交的平面称为赤道面。其他平面与椭球旋转轴正交,但不通过球心,这些平面与椭球面相交所得的曲线称为纬线。

在测量工作中,点在椭球面上的位置用大地经度和大地纬度表示。所谓大地经度,就是通过某点的子午面与起始子午面的夹角;所谓大地纬度是指过某点的法线与赤道面的交角。以大地经度和大地纬度表示某点位置的坐标系称为大地坐标系也叫地理坐标系,地理坐标系统是全球统一的坐标系统。

在图 1-3 中, P 点子午面与起始子午面的夹角 L 就是 P 点的经度,过 P 点的铅垂线与赤道面的夹角 B 就是 P 点的纬度。

地面上任何一点都对对应着一对地理坐标,比如北京的地理坐标可表示为“东经 $116^{\circ}28'$ 、北纬 $39^{\circ}54'$ ”。

2. 平面直角坐标

(1) 独立平面直角坐标。在小区域内进行测量工作若采用大地坐标来表示地面点的位置很不方便,并且精度不高,所以通常采用平面直角坐标。

当测区范围较小时,可近似把球面的投影面看成平面。这样把地面点直接沿铅垂线方向投影到水平面上,用平面直角坐标系确定地面点的位置十分方便。如图 1-4 所示,平面直角坐标系规定南北方向为坐标纵轴 x 轴(向北为正),东西方向为坐标横轴 y 轴(向东为正),坐标原点一般选在测区西南角以外,以使测区内各点坐标均为正值。其与数学上的平面直角坐标系不同,为了定向方便,测量上,平面直角坐标系的象限是按顺时针方向编号的,将其 x 轴与 y 轴互换,目的是将数学中的公式直接用到测量计算中。

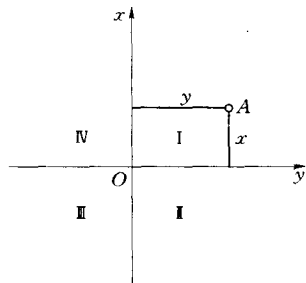


图 1-4 平面直角坐标



(2) 高斯平面直角坐标。当测区范围较大时, 不能把球面的投影面看成平面, 必须采用投影的方法来解决这个问题。投影的方法有很多种, 测量上常采用的是高斯投影。如图 1-5 (a) 所示, 高斯投影是假想一个椭圆柱横套在地球椭球体上, 使其与某一条经线相切, 用解析法将椭球面上的经纬线投影到椭圆柱面上, 然后将椭圆柱展开成平面, 即获得投影后的图形如图 1-5 (b) 所示。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。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。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。

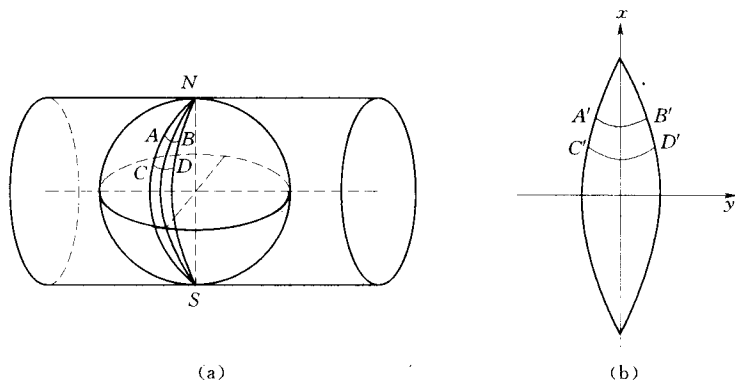


图 1-5 高斯平面直角坐标系

1) 高斯平面直角坐标系的建立: 中央子午线投影到椭圆柱上是一条直线, 把这条直线作为平面直角坐标系的纵坐标轴, x 轴, 表示南北方向。赤道投影后是与中央子午线正交的一条直线, 作为横轴, 即 y 轴, 表示东西方向。这两条相交的直线相当于平面直角坐标系的坐标轴, 构成高斯平面直角坐标系如图 1-5 (b) 所示。

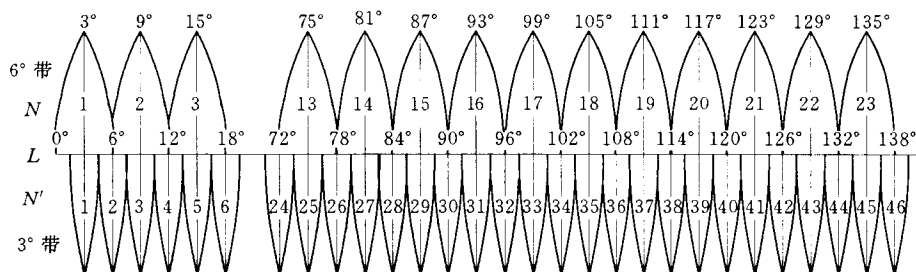


图 1-6 高斯投影分带

2) 高斯投影的分带: 高斯投影将地球分成很多带, 然后将每一带投影到平面上, 目的是为了限制变形。带的宽度一般分为 6° 、 3° 和 1.5° 等几种, 简称 6° 带、 3° 带、 1.5° 带, 如图 1-6 所示。① 6° 带投影是从零度子午线起, 由西向东, 每 6° 为一带, 全球共分 60 带, 分别用阿拉伯数字 1、2、3、...、60 编号表示。位于各带中央的子午线称为该带的中央子午线。每带的中央子午线的经度与带号有如下关系:



$$L = 6N - 3 \quad (1-1)$$

因高斯投影的最大变形在赤道上,并随经度的增大而增大。 6° 带的投影只能满足 1:25000 比例尺的地图,要得到更大比例尺的地图,必须限制投影带的经度范围。② 3° 带投影是从 $1^\circ 30'$ 子午线起,由西向东,每 3° 为一带,全球共分 120 带,分别用阿拉伯数字 1、2、3、…、120 编号表示。 3° 带的中央子午线的经度与带号有如下关系:

$$L = 3N' \quad (1-2)$$

反过来,根据某点的经度也可以计算其所在的 6° 带和 3° 带的带号,公式为:

$$N = [L/6] + 1 \quad (1-3)$$

$$N' = [L/3 + 0.5] \quad (1-4)$$

式中 N 、 N' —— 6° 带、 3° 带的带号;

$[]$ ——取整。

【例 1-1】 某地经度为东经 $116^\circ 28'$, 求该地的高斯投影 6° 带和 3° 带的带号以及中央子午线的经度。

解 该地 6° 带的带号和中央子午线的经度分别是

$$N = [116^\circ 28' / 6] + 1 = 20$$

$$L = 6 \times 20 - 3 = 117^\circ$$

该地 3° 带的带号和中央子午线的经度

$$N' = [116^\circ 28' / 3] + 0.5 = 39$$

$$L = 3 \times 39 = 117^\circ$$

我国位于北半球,高斯平面直角坐标系中 X 值全为正值,而 Y 值有正有负。为避免坐标值出现负值,我国规定把纵坐标轴向西平移 500km,这样全部横坐标值均为正值。此时中央子午线的 Y 值不是 0 而是 500km。

例如,第 20 投影带中的某点,横坐标为 -148478.6m 。横坐标轴向西平移 500km 后,则 Y 值为 $-148478.6 + 500000 = 351521.4\text{m}$ 。由于不同投影带内相同位置的点的投影坐标值相同,因此,规定在横坐标值前加上带号,以表示该点所在的带。如上面点的 Y 坐标实际中写为 20351521.4,前面的 20 即代表带号。

3. 地心坐标系

卫星大地测量是利用空中卫星的位置来确定地面点的位置。由于卫星围绕地球质心运动,所以卫星大地测量中需采用地心坐标系。该系统一般有两种表达式,如图 1-7 所示。

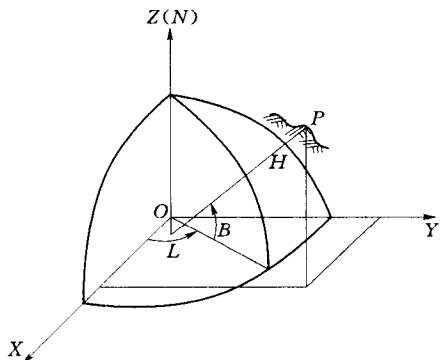


图 1-7 空间直角坐标系

(1) 地心空间直角坐标系: 坐标系原点 O 与地球质心重合, Z 轴指向地球北极, X 轴指向格林尼治子午面与地球赤道的交点, Y 轴垂直于 XOZ 平面构成右手坐标系。

(2) 地心大地坐标系: 椭球体中心与地球质心重合, 椭球短轴与地球自转轴重合, 大地经度 L 为过地面点的椭球子午面与格林尼治子午面的夹角, 大地纬度 B 为过地面点的法线与椭球赤道