



中等职业教育国家规划教材

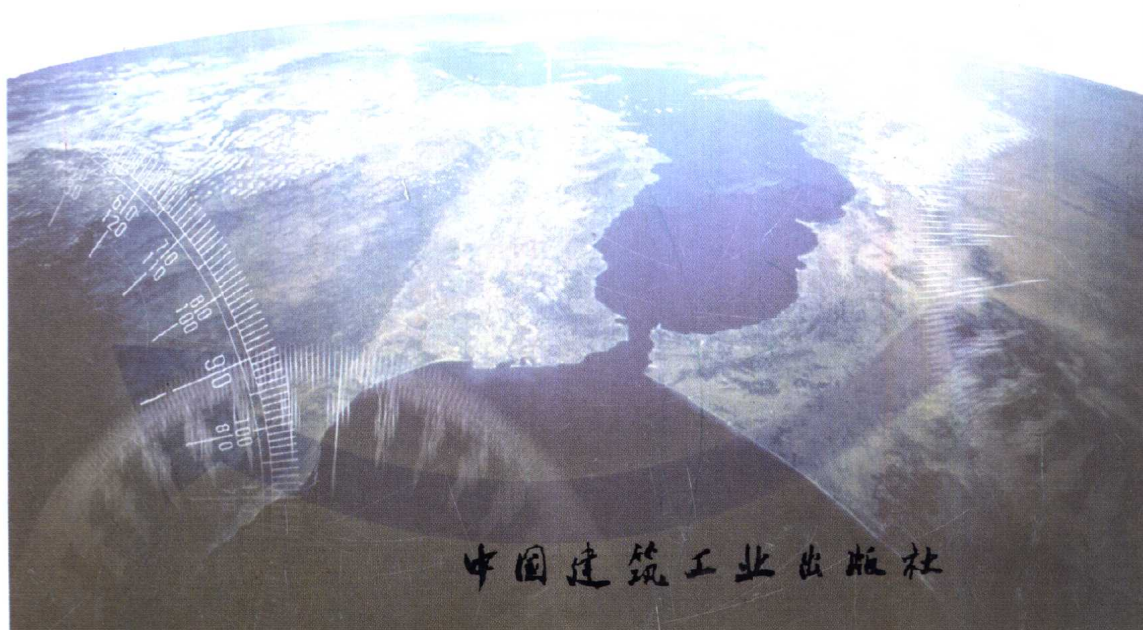
全国中等职业教育教材审定委员会审定

D I X I N G

地形测绘

测量工程技术专业

主 编 戚浩平



中国建筑工业出版社



中华人民共和国教育部
全国高等学校工程测量专业教学指导委员会

地形测绘

工程测量专业必修

主 编 王 强



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

地 形 测 绘

(测量工程技术专业)

主 编 戚浩平
责任主审 田青文
审 稿 全 斌 杨 俊

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地形测绘/戚浩平主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2003

中等职业教育国家规划教材. 测量工程技术专业

ISBN 7-112-05420-6

I. 地… II. 戚… III. 地形测量—专业学校—教材 IV. P217

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 044815 号

本书为中等职业教育国家规划, 根据教育部新颁教学大纲编写。全书共十章, 内容有: 绪论、测量基本知识、水准测量、角度测量、距离测量、测量误差理论基础、解析图根控制测量、大比例尺地形测图、地形绘图、地形图的应用。

本书可供中等职业学校测量工程技术专业的学生使用, 也可供相关技术人员参考。

中 等 职 业 教 育 国 家 规 划 教 材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

地 形 测 绘

(测量工程技术专业)

主 编 戚浩平

责任主审 田青文

审 稿 全 斌 杨 俊

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 12¼ 字数: 294 千字

2003 年 7 月第一版 2003 年 7 月第一次印刷

印数: 1—2000 册 定价: 15.00 元

ISBN 7-112-05420-6

TU·4744 (11034)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从2001年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2002年10月

前 言

本书是中等职业教育国家规划教材，是在“面向 21 世纪测量工程技术专业整体教学改革研究”成果的基础上，结合我们多年从事地形测绘教学的实践和经验，针对中等职业教育的教学特点而编写的。在编写过程中，我们增加了许多测绘新技术、新仪器、新设备的有关内容，力求使本教材成为与生产一线最贴近的一本教材。

本教材是中等职业学校测绘类专业的一门技术基础课程，也是初学者的入门课程，学习这门课程可以帮助学生了解测绘行业的特点、要求、工作性质以及职业特点，可以让学生学习到测绘技术的基本知识和基本技能，为学生学习专业知识和职业技能打下良好的基础。本书语言简洁，便于自学。

全书共十章，由戚浩平主编。参编人员有：戚浩平（第一、二、三、四章）；范国雄（第六、七章）；黄德芳（第八、十章）；王军（第五、九章）。长安大学的田青文老师为本套教材的责任主审。本书由西安科技学院的全斌老师和西安建筑科技大学的杨俊老师审稿。

本书在编写过程中，参考了有关兄弟院校的教材，得到了很多老师的大力支持，在此一并致谢。

由于编者水平所限，书中不足之处，谨请使用本书的教师与读者批评指正。

编者

目 录

第一章 绪论	1
第一节 测量学的任务和作用	1
第二节 测量学的发展	2
第二章 测量基本知识	4
第一节 测量上常用的度量单位	4
第二节 地球形状和大小的概念	5
第三节 地面点位的确定	7
第四节 直线定向	10
第五节 地形图的比例尺	13
第六节 地球曲率对测量工作的影响	14
第七节 测量工作的基本原则和工作程序	16
第三章 水准测量	20
第一节 水准测量的原理	21
第二节 水准测量的仪器设备及其使用	22
第三节 水准测量的外业	28
第四节 图根水准路线的高程计算	32
第五节 水准仪的检验校正	34
第六节 自动安平水准仪	36
第七节 水准测量的误差来源	38
第四章 角度测量	41
第一节 角度测量的概念	41
第二节 DJ ₆ 级光学经纬仪的构造	42
第三节 水平角观测	45
第四节 垂直角观测	51
第五节 经纬仪的检验和校正	55
第六节 水平角观测的误差分析	61
第七节 电子经纬仪	63
第八节 三角高程测量	65
第五章 距离测量	70
第一节 钢尺量距	70
第二节 视距测量	79
第三节 光电测距	81
第六章 测量误差理论基础	88
第一节 测量误差概述	88
第二节 衡量精度的标准	90

第三节	误差传播定律	92
第四节	等精度观测值的中误差	97
第五节	观测值的权	100
第六节	带权平均值及其中误差	104
第七章	解析图根控制测量	109
第一节	概述	109
第二节	解析图根测量的外业工作	112
第三节	坐标计算的基本公式	114
第四节	单一导线计算	116
第五节	单结点导线网近似平差	125
第六节	单三角形计算	127
第七节	前方交会点计算	129
第八节	侧方交会点计算	130
第九节	辐射点和距离交会点计算	131
第八章	大比例尺地形测图	138
第一节	概述	138
第二节	地形图的分幅和编号	138
第三节	地物符号	141
第四节	地貌符号	144
第五节	地形测图的准备工作	146
第六节	测定地形特征点的方法	148
第七节	经纬仪测绘法	149
第八节	电子速测仪测绘法	152
第九节	地物测绘	155
第十节	地貌的测绘	157
第十一节	地形测图的结束工作	160
第九章	地形绘图	164
第一节	绘图材料、工具	164
第二节	地形图上的线	165
第三节	地形图注记	167
第四节	地形图符号	169
第五节	铅笔原图的整饰、清绘及航测像片图着墨	171
第十章	地形图的应用	172
第一节	概述	172
第二节	地形图应用的基本内容	174
第三节	根据地形图绘制断面图	176
第四节	图上面积计算	178
第五节	地形图在平整土地中的应用	179
参考文献		187

第一章 绪 论

第一节 测量学的任务和作用

测量学是研究如何测定地面点的平面位置和高程，将地球表面的起伏形态及各种固定物体测绘成图，以及确定地球的形状和大小的科学。随着整个社会生产的发展，测绘业务逐渐专门化，测量学亦随之分出各个分支，成为各个独立学科，这些学科通常分为：

大地测量学 是研究在广大地面上建立国家大地控制网，精确地测定地球的形状和大小以及地球重力场的理论、技术和方法的学科。大地测量工作为其他测量工作提供起算数据。为空间科学技术和军事用途提供资料，并为研究地球形状、大小、地壳变形及地震预报等提供重要资料。

地形测量学 是研究测绘地形图的基本理论、技术和方法的学科。其任务是应用各种测量仪器将地球表面测绘成图。

摄影测量学 通过摄影像片，对其进行处理、量测、判释和研究，以获得物体的形状、大小和位置的模拟形式或数字形式成果的一门学科。其任务早先主要用以测绘地形图，而现在已愈来愈广泛地用于其他方面。

工程测量学 是研究工程建设勘测设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作的学科。其任务是在城市规划、工业设计、农田水利、交通运输、地质勘探等不同规模和要求工程建设中，完成勘测设计、施工以及竣工后所需的各种各样的测量工作。

地图制图学 是研究地图及其制作的理论、工艺和应用的学科。其任务是利用已有的测量成果、图件，编制各种基本图和各种专业地图。完成地图复制和印刷出版工作。

上述几门学科，既自成系统，各有专务，又必须密切联系，相互配合，才能更好地为社会提供服务。

在国民经济建设中，测量技术的应用非常广泛。例如，土地规划与管理、房地产管理需要用到地形图。港口、水电站、铁路、公路、桥梁的建造，隧道的开挖，城市规划、给水排水、燃气管道等市政工程建设，工业厂房和民用建筑的建造等等，在它们的设计阶段要测绘各种比例尺的地形图，供结构物的平面和竖向设计之用；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建成以后需要进行变形观测，以保证建筑物的安全使用。在国防建设中，军事测量和军用地图是现代大规模、诸兵种协同作战中不可缺少的重要工具。至于远程导弹、空间武器、人造卫星或航天器的发射，要保证它精确入轨，随时校正轨道和命中目标，除了应测出发射点和目标点的精确坐标、方位、距离外，还必须掌握地球形状和大小的精确数据，以及有关地域的重力场资料。总之，几乎在国民经济建设和国防建设的每一个项目中，都需要不同的测绘学科为其提供测绘保障。

第二节 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了测量工具进行测量。在远古时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宝贵的贡献。

测量学最早用于土地整理，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。随着现代光学及电子学理论在测量中的应用，创造了一系列激光、红外光、微波测距、测高、准直和定位的仪器。而惯性理论在测量学中的应用，又创制了陀螺定向、定位仪器。这些先进仪器的应用，大大改进了测量手段，提高了测量精度和速度。从 20 个世纪 60 年代以来，由于电子计算技术的飞速发展，出现了自动绘制地形图的仪器。人造地球卫星的发射以及遥感、遥测技术的发展，使得测绘工作者可以获得更加丰富的地面信息。近二十多年随着计算机科学、信息工程学、现代仪器学的迅猛发展，促使现代测绘学正在产生飞跃，它体现在现代大地测量学、摄影测量与遥感学、工程测量学、地图学与地理信息系统、海洋测量和测绘仪器等学科中出现的新理论和新方法，极大地推进了测绘专业的发展。目前，现代测量学正在努力实现“3S”结合，即 GPS（Global Positioning System）、DPS & RS（Digital Photogrammetry System and Remote Sensing）、GIS（Geographic Information System）的结合与集成。以 3S 技术为代表的测绘新技术打破了传统测绘以大地、航测、制图学科划分的界限，具有观测范围大、速度快、精度高、全天候和部分智能化的特点，而正适应了资源与环境调查、监测和自然灾害预测、预报，以及灾情调查、灾后恢复对取得信息快捷准确的要求。由于 3S 技术的发展使我们有可能对社会、经济发展领域中诸多方面进行动态监测、综合分析和模拟预测，成为人类解决全球与区域性环境与发展问题的重要手段。

中华人民共和国成立后，我国测绘事业有了很大的发展。建立和统一了全国坐标系统和高程系统；建立了遍及全国的大地控制网、国家水准网、基本重力网和卫星多普勒网；完成了国家大地网和水准网的整体平差；完成了国家基本图的测绘工作；完成了珠穆朗玛峰的平面位置和高程的测量；配合国民经济建设进行了大量的测绘工作，例如进行了南京长江大桥、葛洲坝水电站、宝山钢铁厂、北京正负电子对撞机等工程的精确放样和设备安装测量。在测绘仪器制造方面，从无到有，现在不仅能生产常规测量仪器，先进的仪器也研制成功，有的已批量生产。测绘人才培养方面，已培养出高、中级测绘人才数万名，大大地提高了我国测绘科技水平。“中国数字地球计划”或“数字中国计划”作为国家的战略计划已经提到了议事日程之中，测绘工作也已经纳入了“中国 21 世纪议程”，配合国家产业结构调整战略，测绘产业也正在进行产业结构调整，一个具有现代化的新技术结构、高效益的新产业结构、现代化的新管理体系构成的新型地理信息产业即将形成。测绘仪器集成化、测绘过程自动化、实时化、动态化，测绘成果数字化及测绘系统智能化将是未来测绘工作的美好蓝图。

习 题

1. 测量学的研究对象是什么？目前测量学分成了哪些独立学科，它们分别研究什么？
2. 地形测量学的主要任务是什么？
3. 试述测量学在我国社会主义建设中的作用。

第二章 测量基本知识

第一节 测量上常用的度量单位

要量测某量（长度、角度等）的大小，就需要有相应的度量单位。测量学中常用的是长度、角度、面积等度量单位，亦要用到重量、温度、时间等度量单位。下面分别介绍测量上常用的三种度量单位。

一、长度单位

自 1959 年起，我国规定计量制度统一采用国际单位制。国际单位制中，常用的长度单位的名称和符号如下：

基本单位为米（m），另外还有千米（km）、分米（dm）、厘米（cm）、毫米（mm）、微米（ μm ）等。

二、面积、体积单位

测量上的面积单位是“ m^2 ”，大面积则用公顷或“ km^2 ”表示。我国农业上常用市亩为面积单位。

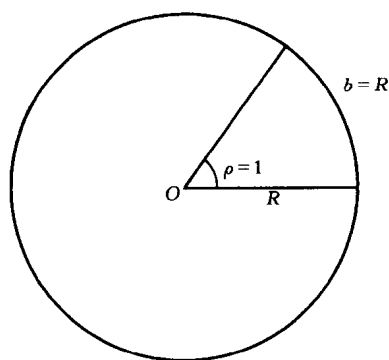


图 2-1 一个弧度

$$1 \text{ 公顷}(\text{hm}^2) = 10000 \text{ m}^2 = 15 \text{ 市亩}$$

$$1 \text{ km}^2 = 100 \text{ hm}^2 = 1500 \text{ 市亩}$$

$$1 \text{ 市亩} = 666.67 \text{ m}^2$$

体积单位为“ m^3 ”，在工程上简称“立方”或“方”。

三、角度单位

测量上常用的角度单位有度分秒制和弧度制。

（一）度分秒制

$$1 \text{ 圆周} = 360^\circ, 1^\circ = 60', 1' = 60''$$

此外还有 100 等分制的新度：

$$1 \text{ 圆周} = 400^\circ (\text{新度}), 1^\circ = 100^\circ (\text{新分}), 1^\circ = 100^\circ (\text{新秒})。$$

两者的换算公式是：1 圆周 = $360^\circ = 400^\circ$ ，故

$$1^\circ = 0.9^\circ$$

$$1^\circ = 1.111^\circ$$

$$1^\circ = 0.54'$$

$$1' = 1.852^\circ$$

$$1^\circ = 0.324''$$

$$1'' = 3.086^\circ$$

（二）弧度制

圆心角的弧度为该角所对弧长与半径之比。在推导测量学的公式或进行计算时，有时也用弧度来表示角度的大小，计算机运算中的角度值也往往以弧度表示，如图 2-1 所示。把弧长 b 等于半径 R 的圆弧所对圆心角称为一个弧度，以 ρ 表示。因此整个圆周角为 2π

弧度。

弧度与度分秒的关系如下：

$$\rho^{\circ} = \frac{180^{\circ}}{\pi} = 57.2957795^{\circ} \approx 57.3^{\circ}$$

$$\rho' = \frac{180^{\circ}}{\pi} \times 60 = 3437.74677' \approx 3438'$$

$$\rho'' = \frac{180^{\circ}}{\pi} \times 60 \times 60 = 206264.806'' \approx 206265''$$

知道了一个弧度的角度值，从而可以得
到任意弧度值与其角度的关系式，即

$$\hat{\alpha} = \frac{\alpha^{\circ}}{\rho^{\circ}} = \frac{\alpha'}{\rho'} = \frac{\alpha''}{\rho''}$$

在测量工作中，有时需要按圆心角 α 及
半径 R 计算该角所对的弧长 L 。如图 2-2
(a) 所示，已知 $\alpha = 60^{\circ}$ 、 $R = 100\text{m}$ ，求所对
弧长 L 。因为 α 角的弧度值为：

$$\hat{\alpha} = \frac{60^{\circ}}{\rho^{\circ}} = 1.0472$$

因此弧长：

$$L = R \cdot \alpha = 100 \times 1.0472 = 104.72\text{m}$$

有时将直角三角形中小角度 β 的对边（与该角所对弧长相差很小）按弧长计算。如
图 2-2 (b) 所示，已知 $\beta = 1'30''$ ，边长 $a = 60\text{m}$ ，则与 a 边垂直的 b 边可按式计算：

$$b = a \times \hat{\beta} = 60 \times \frac{90''}{\rho''} = 0.026\text{m}$$

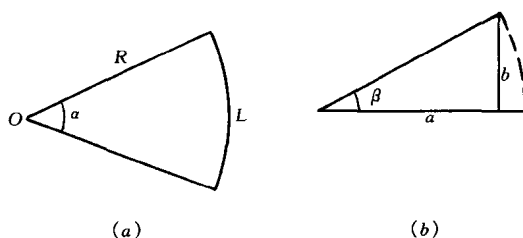


图 2-2 按半径与弧度计算弧长

第二节 地球形状和大小的概念

所有测量工作总是在地球表面进行的，因此，必然会涉及地球的形状和大小。测绘工
作者必须对地球的形状和大小具有明确的概念。

一、地球的形状

长期的测量和研究结果表明：地球是一个沿赤道稍微膨大而两极略为扁平的椭球（地
球自转的结果）。现在根据卫星大地测量的资料分析，进一步确定大地体是北极地区稍许
凸出（仅约 20m），而南极地区稍许凹进的略显梨形的椭球。

二、地球的表述方式

1. 自然表面

地球的自然表面有海洋和陆地，是一个十分复杂的不规则表面。据推算，海洋表面约
占地球表面积的 71%，而陆地约占 29%。

2. 大地水准面

陆地表面虽然高低起伏，但最高的珠穆朗玛峰高出海面也不过 8848.13m，与珠峰高
度相差不多的山峰也是很少的。大部分陆地比一般海平面高不了多少，所以陆地上的高低
起伏差别，相对于地球体积来说是极微小的。因此，我们可以设想用一个平静平均的海洋

面来代表地球的表面。即设想一个静止在平均高度上的海洋面（即所谓平均海水面），将它扩展延伸穿过整个大陆和岛屿的下面。我们把这个由平均海水面无限延伸，且处处与重力方向垂直的封闭曲面叫大地水准面。大地水准面所包围的形体，叫做大地体，通常用大地体代表地球的一般形状。

静止的水面叫做水准面。水准面可以有无数多个，其中与平均海水面一致且包围全球的水准面也就是大地水准面。当水面静止时，其表面处处受力（重力作用）均衡，所以水准面处处与重力方向垂直。但由于地球表面起伏不平 and 地球内部质量分布的不均匀，因此，地球引力不是处处一致的，亦即各点上铅垂线方向有不同的变化。所以大地水准面也是一个不规则曲面。在这个不规则的表面上，是无法进行各种测量计算的。

3. 参考椭球面

为了能在地球表面上进行各种计算，我们就以一个和大地体非常接近、有规则表面的数学形体，即旋转椭球体来代替大地体，并且将它作为测量实际应用中的地球形状。旋转椭球体的形状和大小，是由它的长半径(轴) a 和短半径(轴) b 所决定的；也可由任一半径和扁率 α 来决定，如图 2-3 所示。

$$\alpha = \frac{a - b}{a}$$

上述半径 a 、 b 和扁率 α ，叫做旋转椭球体元素。定位后的旋转椭球体，叫做参考椭球体。我国目前采用椭球体元素数据为：长半径 $a = 6378140\text{m}$ ，短半径 $b = 6356755.3\text{m}$ ，扁率 $\alpha = 1:298.257$ 。

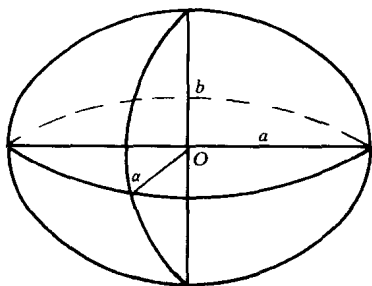


图 2-3 地球形状和大小

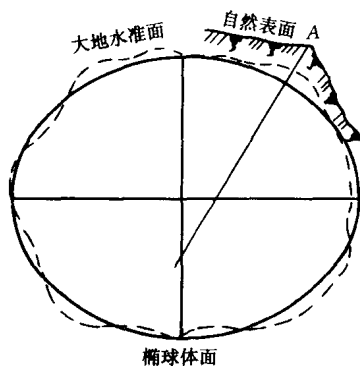


图 2-4 自然表面、大地水准面和椭球面

由上述可知，地球表面有自然表面、大地水准面和参考椭球面这样三种表述方式。三者的关系如图 2-4 所示。可以看出：大地水准面和参考椭球面是不一致的，有的地方大地水准面高于椭球面，有的地方则低于椭球面。但其差数最大不超过 $\pm 150\text{m}$ ，在两极不超过 $\pm 30\text{m}$ 。

由于参考椭球体的扁率很小（仅约 $1/300$ ），因此在某些测量计算工作中，可以近似地把地球作为圆球看待，亦能满足要求。此时，其半径 R 则采用与椭球体等体积的圆球半径，即

$$R = \sqrt[3]{b \cdot a^2}$$

第三节 地面点位的确定

测量工作的根本任务是确定地面的点位。确定地面点空间位置通常是求出该点的球面位置或投影在水平面上的平面位置（坐标）以及该点到大地水准面的铅垂距离（高程）。地面点平面位置以及高程的确定，均需根据实际情况选用合适的坐标系统和高程系统，下面分别介绍测量常用的坐标系统和高程系统。

一、地理坐标

地理坐标按坐标所依据的基准线和基准面的不同，以及求坐标方法的不同可分为天文地理坐标和大地地理坐标两种。

（一）天文地理坐标

天文地理坐标又称天文坐标，是表示地面点在大地水准面上的位置，用天文经度 λ 和天文纬度 φ 表示。

如图 2-5 所示， PP_1 为地球的自转轴（简称地轴）。 P 为北极， P_1 为南极。过地面上任一点与地轴 PP_1 的平面称为该点的子午面，子午面与球面的交线称为子午线（或称经线）。 F 点的天文经度 λ ，是过 F 点的子午面 $PFKP_1O$ 与首子午面 $PGMP_1O$ （国际公认的通过原英国格林威治天文台的子午面为计算经度的起始面）所组成的夹角（两面角），自首子午面向东或向西计算，数值为 $0^\circ \sim 180^\circ$ ，在首子午面以东者为东经，以西者为西经。同一子午面（线）上各点的经度相同。

垂直于地轴的平面与地球表面的交线称为纬线，垂直于地轴的平面并通过球心 O 与地球表面相交的纬线称为赤道。在图 2-5 中， F 点的天文纬度 φ ，是 F 点的铅垂线（此铅垂线不通过球心 O ）与赤道平面 $EKQO$ 之间的夹角，自赤道起向南或向北计算，数值为 $0^\circ \sim 90^\circ$ ，在赤道以北为北纬，以南为南纬。

天文经度 λ 和天文纬度 φ 的值可用天文测量方法测定。例如我国首都北京中心地区的概略天文坐标为东经 $116^\circ 24'$ ，北纬 $39^\circ 54'$ 。

（二）大地地理坐标

大地地理坐标又称大地坐标，是表示地面点在旋转椭球面上的位置，用大地经度 L 和大地纬度 B 表示。 F 点的大地经度 L ，就是包含 F 点的子午面和首子午面所夹的两面角； F 点的大地纬度 B ，就是过 F 点的法线（与旋转椭球面垂直的线）与赤道面的夹角。如上所述，仅说明了空间某点在基准面上的投影位置。除此以外，还应确定该点沿投影方向到基准面的距离。在天文坐标系中以正高，在地理坐标系中以大地高来反映这段距离。

二、平面直角坐标系

（一）高斯平面直角坐标

地理坐标对局部测量工作来说是不方便的，

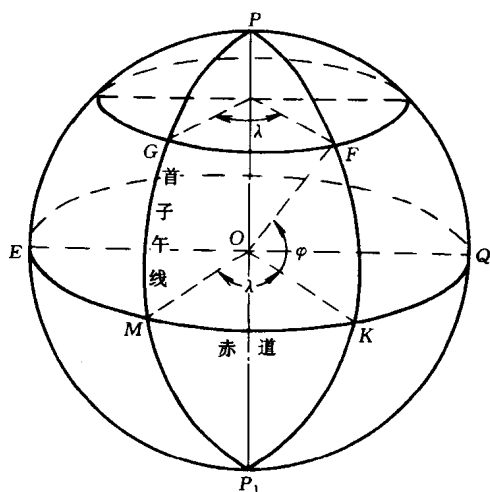


图 2-5 天文地理坐标

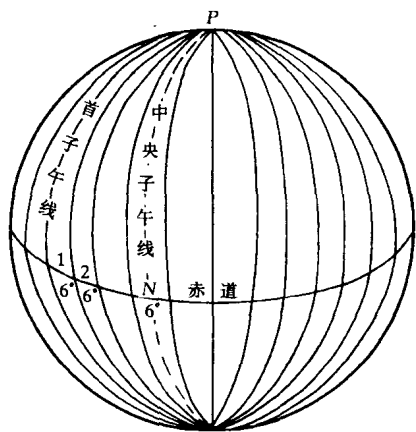


图 2-6 投影分带

测量计算最好在平面上进行。但地球是一个不可展开的曲面，把地球面上的点位化算到平面上，称为地图投影，我国是采用高斯投影的方法。

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 2-6 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 2-7 所示，第一个 6° 带的中央子午线的经度为 3° ，任意一个带的中央子午线经度 L_0 ，可按式计算

$$L_0 = 6^\circ N - 3^\circ$$

式中 N 为投影带号。

投影时设想取一个空心圆柱体（图 2-8）与地球椭球体的某一中央子午线相切，在球面图形与柱面图形保持等角的条件下，将球面上图形投影在圆柱面上，然后将圆柱体沿着

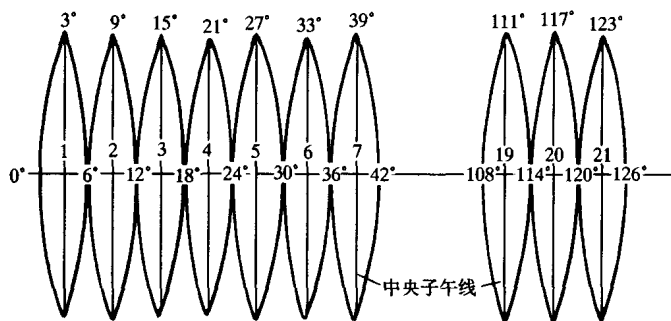


图 2-7 6° 带中央子午线带号

通过南、北极的母线切开，展开成为平面。投影后，中央子午线与赤道为互相垂直的直线，以中央子午线为坐标纵轴 x ，以赤道为坐标横轴 y ，两轴的交点作为坐标原点，组成高斯平面直角坐标系，如图 2-9 所示。

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， x 坐标值为正， y 坐标则有正有负，例如图 2-9 (a) 中 $y_a = +37680\text{m}$ 、 $y_b = -34240\text{m}$ ，为避免出现负值，将每带的坐标原点向西移 500km ，则每点的横坐标值加上 500km 后均成为正值，如图 2-9 (b) 中， $y_a = 500000 + 37680 = 537680\text{m}$ ， $y_b = 500000 - 34240 = 465760\text{m}$ 。

为了根据横坐标值能够确定某点位于哪一个 6° 带内，则在横坐标值前冠以带的编号。例如， A 点位于第 20 带内，则其横坐标值 y_a 为 20537680m 。

高斯投影中，虽然能使球面图形的角

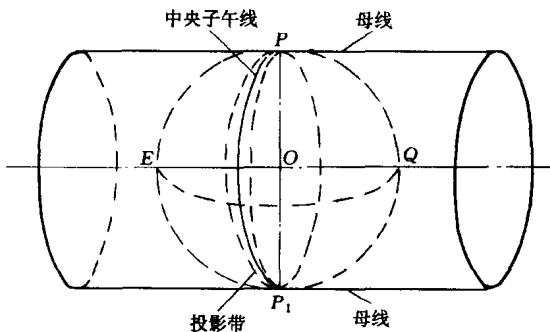


图 2-8 高斯平面直角坐标的投影

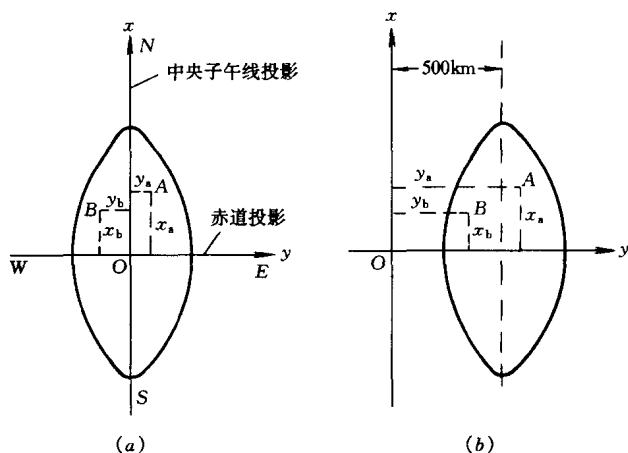


图 2-9 高斯平面直角坐标

度与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。采用 6°带投影，其边缘部分的变形能满足 1:25000 或更小比例尺测图的精度，当进行 1:10000 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。

3°分带投影法，是从东经 1°30' 起，自西向东按经差 3°分带，这样将整个地球划分为 120 个带，每带中央子午线的经度 L'_0 可按下式计算

$$L'_0 = 3^\circ n$$

式中 n 表示三度带的带号数。

(二) 独立平面直角坐标系

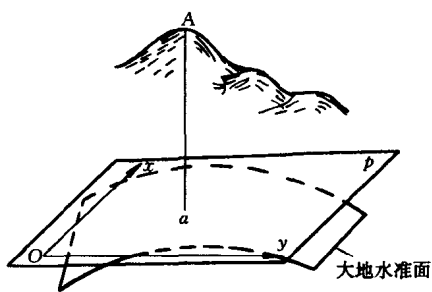


图 2-10 用平面代替曲面

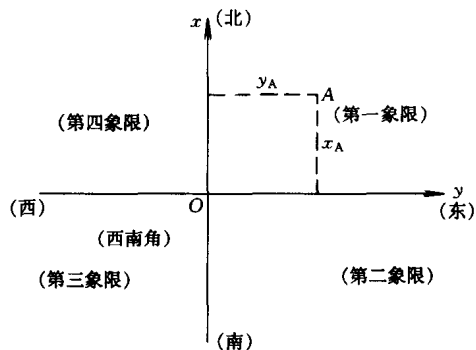


图 2-11 独立平面直角坐标系

大地水准面虽是曲面，但当测量区域（如半径不大于 10km 的范围）较小时，球面近似于平面，可以用测区中心点 a 的切平面 P 来代替曲面（图 2-10），地面点在投影面上的位置就可以用平面直角坐标来确定。测量工作中采用的平面直角坐标系如图 2-11 所示。规定南北方向为纵轴，并记为 x 轴； x 轴向北为正，向南为负。以东西方向为横轴，并记为 y 轴； y 轴向东为正，向西为负，平面直角坐标系中象限按顺时针方向编号，地面上某