

测量与编图

地质出版社

高等学校教学参考书

测量与编图

长春地质学院
西安地质学院 测量教研室 编

地质出版社

内 容 简 介

本书为地质院校地质类各专业用的教学参考书。全书共十章。前四章为测量基本工作和地形测量。其中包括：高程测量、距离测量、误差理论、图根控制测量及平板仪测图等，侧重于基本理论及基础知识方面的阐述。后六章为本书的重点，主要是地形图及其应用、地质及物探工程测量、航空摄影测量、地图投影、地质图的编制和地形地质绘图。

本书还可作为短训班的教材，以及地质与测绘人员、地质编图人员的参考书。

测 量 与 编 图

长春地质学院 测量教研室 编
西安地质学院

责任编辑：田桂庭 张葆屏

*

地质矿产部教材编辑室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

沧州地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：15³/₄ 字数：363,000
1983年 5月北京第一版·1983年 5月北京第一次印刷

印数：1—82,10册·定价：2.10元

统一书号：15038·教153

前 言

《测量与编图》是根据地质矿产部教育司于1980年在成都召开的地质学科基础课教材编审会议精神，由长春地质学院、西安地质学院合编的教学参考书。

本书初稿于1982年4月在武汉召开的《测量学》和《测量与制图》两书的审稿会上，十四所院校代表对其进行了审议。我们根据各院校代表的意见，对全书内容作了修改和补充，并定名为《测量与编图》。

本书的一至四章侧重于基本理论、基本知识，精简具体作业方法；而把全书的重点放在地形图的应用、航空摄影测量以及地质图编图等方面。

参加本书编写人员有：长春地质学院佟文彬、李荫堂、孙天纵、朱大忠；西安地质学院吴永康、朱松涛、朱永泰、刘世彪、包友林。本书由李荫堂、朱松涛、包友林、孙天纵编修定稿，最后由武汉地质学院田桂庭、张葆屏审订，并承担责任编辑。

在这里，我们谨向对本书初稿提供宝贵意见的新疆工学院、合肥工业大学、淮南矿业学院、焦作矿业学院、西安矿业学院、桂林冶金地质学院、贵州工学院、山东海洋学院、华东地质学院、武汉地质学院、成都地质学院、河北地质学院表示感谢；同时对审阅本书部分章节的地质矿产部地质研究所谢良珍、长春地质学院王麟祥以及对协助编绘地形图的福建地图出版社李玉明一并致谢。

由于我们水平所限，加之编写时间仓促，错误与不足之处希读者批评指正。

编 者

1982年6月

目 录

第一章 绪论

§ 1—1 概述	(1)
§ 1—2 地球体	(2)
§ 1—3 地面点的坐标与高程	(4)
一、坐标	(4)
二、地面点的高程	(7)
§ 1—4 地图	(7)
一、地图的种类	(7)
二、地形图测图原理	(8)

第二章 测量的基本工作

§ 2—1 高程测量	(10)
一、水准测量	(10)
二、三角高程测量	(19)
§ 2—2 角度测量	(21)
一、角度测量原理	(21)
二、经纬仪	(21)
三、水平角测量	(25)
四、竖直角测量	(28)
§ 2—3 距离测量	(31)
一、距离丈量	(31)
二、视距测量	(32)
三、视差法测距	(35)
四、光电测距	(36)

第三章 测量误差理论

§ 3—1 观测误差	(39)
一、系统误差	(39)
二、偶然误差	(39)
§ 3—2 测量精度的衡量	(41)
一、中误差	(41)
二、极限误差	(41)
三、相对误差	(42)
§ 3—3 观测值函数的中误差	(42)
一、误差传递定律 (一般函数的中误差)	(43)

二、误差传递定律应用举例	(44)
§ 3—4 算术平均值、带权平均值及其中误差	(45)
一、算术平均值及其中误差	(46)
二、带权平均值及其中误差	(48)
§ 3—5 测量精度分析举例	(51)
一、水准测量的精度	(51)
二、水平角测量的精度	(53)
三、视距测量的精度	(55)

第四章 地形测量

§ 4—1 国家基本控制测量简介	(58)
一、国家平面控制测量	(58)
二、国家高程控制测量	(60)
§ 4—2 图根控制测量	(60)
一、经纬仪导线测量	(61)
二、经纬仪交会法测量	(69)
三、小三角测量	(75)
§ 4—3 地形测图	(80)
一、地形图的比例尺及符号	(80)
二、平板仪测图	(83)

第五章 地形图的应用

§ 5—1 地形图的分幅和编号	(91)
一、1:100万国际标准图幅的分幅和编号	(91)
二、1:50万、1:20万、1:10万图幅的分幅编号	(92)
三、1:5万、1:2.5万、1:1万和1:5千图幅的分幅编号	(92)
§ 5—2 地形图的图廓与图廓外注记	(94)
一、图廓和坐标格网	(94)
二、三北方向线	(95)
三、邻带坐标网	(95)
四、坡度尺	(95)
五、接图表	(96)
§ 5—3 地形图上的作业	(96)
一、求任一点的坐标	(96)
二、求任一点的高程	(96)
三、量算两点间的距离	(97)
四、量算任一直线的方位角	(97)
五、地形图上作剖面图	(97)
六、量算面积	(98)
七、量算体积	(101)

八、图上量算的精度	(102)
§ 5—4 地形图的野外应用	(104)
一、地形图的野外定向	(104)
二、地形图上点位的确定	(106)
三、地形图上地质内容的填绘	(107)
第六章 地质及物探工程测量	
§ 6—1 点位的测设	(109)
一、极坐标法	(109)
二、交会法	(110)
三、导线法	(110)
§ 6—2 勘探网的布设	(111)
§ 6—3 剖面测量	(112)
一、剖面起始点和剖面控制点的测设	(112)
二、剖面测量方法	(113)
三、剖面图的绘制	(114)
§ 6—4 物探测网的布设	(115)
一、测网法	(116)
二、应用地形图布设测网	(121)
第七章 航空摄影测量	
§ 7—1 概述	(123)
一、航测的基本知识	(123)
二、航测成图的基本知识	(124)
§ 7—2 航摄像片的特性	(128)
一、中心投影及其特征	(128)
二、航摄像片上的一些特殊点和线	(130)
三、航摄像片的内、外方位元素	(131)
四、象点位移和方向偏差	(132)
§ 7—3 象片纠正及象片平面图的制作	(136)
一、象片纠正概述	(136)
二、光学机械纠正的条件	(137)
三、HJ—24型纠正仪	(139)
四、纠正对点	(143)
五、象片平面图的制作	(144)
§ 7—4 立体象对和立体模型	(146)
一、立体视觉	(146)
二、光学立体模型	(147)
三、立体象对的坐标关系	(148)
§ 7—5 左右视差和上下视差	(154)

一、左右视差和高差公式	(154)
二、外方位元素对左右视差的影响	(155)
三、上下视差与外方位元素的关系	(157)
§ 7—6 航摄像片的立体量测	(158)
一、视差尺的使用	(158)
二、HCZ—1型立体坐标量测仪	(160)
§ 7—7 解析法空中三角测量概述	(162)
一、象点的系统误差改正	(162)
二、坐标变换	(163)
三、相对定向	(167)
四、模型连接	(170)
五、绝对定向	(171)
六、航带网的非线性变形的改正	(175)
七、航带法区域网	(176)
八、电算加密方法	(176)
§ 7—8 航摄像片的使用	(177)
一、航摄像片的判读	(177)
二、利用航摄像片布设物探测网	(179)

第八章 地图投影

§ 8—1 地图投影的基本概念	(182)
一、变形概念	(182)
二、地图投影的分类	(183)
§ 8—2 方位投影	(184)
一、方位投影一般公式	(184)
二、等角方位投影	(186)
§ 8—3 圆锥投影	(187)
一、圆锥投影一般公式	(187)
二、等角正圆锥投影	(189)
三、百万分之一地图投影	(191)
§ 8—4 高斯投影与通用横墨卡托投影	(192)
一、圆柱投影概念	(192)
二、高斯投影公式	(192)
三、通用横墨卡托投影 (UTM投影)	(194)
§ 8—5 图廓的展绘	(195)
一、1:1万—1:50万地形图图廓的展绘	(195)
二、小比例尺地图图廓的展绘	(196)
§ 8—6 地图投影的选择	(199)

第九章 地质图的编制

§ 9—1 地质图制图工艺简介	(201)
一、编辑准备	(201)
二、原图编绘	(202)
三、出版准备	(203)
四、制版印刷	(203)
§ 9—2 地图内容的转绘方法	(203)
一、照相转绘法	(203)
二、网格转绘法	(205)
三、缩放仪转绘法	(206)
四、光学投影转绘法	(206)
§ 9—3 制图综合	(206)
一、内容取舍	(207)
二、数量和质量特征的概括	(207)
三、形状概括	(207)
§ 9—4 地理(地形)底图的编制	(208)
一、地理(地形)资料的搜集、分析与选择	(208)
二、编图设计书的编写	(209)
三、地理(地形)要素的编绘	(209)
§ 9—5 地质图的编制	(212)
一、地质图的基本内容	(212)
二、地质资料的收集、分析与统一认识	(213)
三、地质稿图的形成	(214)
四、地质编辑(稿)原图的成图方法	(215)
五、小比例尺地质图编绘的几个问题	(216)

第十章 地形与地质绘图

§ 10—1 绘图的基本知识	(219)
一、常用的绘图工具及其使用	(219)
二、常用的绘图材料	(224)
三、点和线的描绘	(224)
§ 10—2 地图上的符号和注记	(225)
一、符号	(225)
二、注记	(226)
§ 10—3 地形图的清绘	(232)
一、清绘的目的和要求	(232)
二、清绘程序	(233)
三、图上各要素关系的处理	(233)
§ 10—4 地质图的清绘	(233)
一、地质图的清绘	(233)

二、地层柱状图的清绘	(235)
三、地质剖面图的清绘	(236)
§ 10—5 绘图新工艺简介.....	(237)
一、刻图法	(237)
二、自动绘图	(238)
§ 10—6 晒图和静电复印.....	(240)
一、晒图法	(240)
二、静电复印	(240)
附图：1：25000地形图（四色）.....	

第一章 绪 论

§1—1 概 述

测绘科学是自然科学的一部分。它的研究对象为地球表面，而其研究的内容之一是自然科学中的一个基本问题，即地球形状、大小和地球表面的几何形状。随着科学技术的发展，测绘科学中主要有：大地测量学、地形测量学、工程测量学和地图制图学等四门独立学科。这些学科的主要任务简述如下。

大地测量学 它是在地球表面上的大范围内建立国家大地控制网（用大地测量、天文测量以及重力测量等方法），测定并研究地球形状和大小，以作为地形测量、工程测量、数学制图（地图投影）等的基础或依据，同时也是为与研究地球有关的各种学科提供必要的资料 and 手段。

地形测量学 研究的是地球自然表面小区域形状和大小，并测绘各种比例尺地形图。测绘地形图的方法，根据不同情况，可采用平板仪地形测图，航空摄影测量成图；此外，还可以利用卫星象片编制小比例尺地形图。

工程测量学 它是为了满足城市建设、大型厂矿建筑、水利枢纽修建等需要而发展的学科。它的主要任务：施工放样、竣工验收以及各种工程建筑物的变形（或称形变）观测等。

地图制图学 它包括数学制图学（地图投影）、地图编绘学和地图印刷学。因此，地图制图学就是研究地图编制理论以及印刷和出版地图等方面工艺技术的学科。

从上述四个学科的情况可知：测绘科学的作用是为人们了解自然、改造自然服务的一门应用科学。它广泛地应用在社会主义各种建设、各种事业以及各种科学技术之中。特别是和地质学的关系更为密切。如测绘工作在研究测定地球的形状和小时，是把在大面积以至全球上进行的大地测量、天文测量以及重力测量的成果，加以科学的整理后来确定地球形状的。而这一科学成果也是研究地壳的内部构造、探讨地球的生命等必要的资料；另外，应用大地测量的方法和手段可以确定地表的各种变动——大陆的移动、地球表面地层的水平及垂直移动，海岸线的变动等；还有地震预报中，大地测量方法也是有效方法之一；地形测量学中的图根控制测量和地形测图方法也是野外各种地质工作（地质勘探、水文工程地质勘探以及地球物理勘探等）不可缺少的手段，特别是地图（包括地形图）它是野外地质填图和地质图编绘不可少的底图。近年来，通过人造卫星对地球进行多光谱及彩色红外等拍摄象片（简称卫片），借助卫片不仅可以编制地球自然表面图——地图，在地质科学方面利用卫片可以进行大范围地质勘探；在水文地质方面，利用卫片可以进行水文资源勘探等。

综上所述，我们进一步认识到地质科学在广泛的范围内应用了测绘科学的手段和成果。

当前，国内外在专业（或专题）地图编绘工作方面发展很快，在国外许多国家已经不满足过去小比例尺专业地图的内容，正向着综合的大中比例尺的方向发展。如有的国家编制了

成套的中比例尺(见§1—4)普通地质图、矿藏图、水文地质图、第四纪地质图和工程地质图等。此外,世界性的专业地图近十多年相继问世。如国际地质联合会组织编制了成套欧洲地质图,世界大地构造图。有些国家合作编制了1:250万欧洲成套的地质图,包括大地构造图、煤田图、第四纪沉积图、铁矿图、金属矿床图及地貌图等。我国已相继编制出版了许多小比例尺专业地图。已经出版的有:中华人民共和国地质图集、1:400万全国地质图和构造地质图、1:500万亚洲地质图以及水文地质图集等。基于地质专业发展的需求,本书扼要地介绍了地质图的编制及与其有关的基本知识(如地图投影等)。

§1—2 地球体

大家知道,地球表面是由极其复杂的山川湖海等构成的。在研究地球科学(地学)领域中,为了便于处理测量成果,必须寻找一个形状和大小都接近地球的体形,这个体形就是所谓大地球体和参考椭球体。

(1) 大地球体 我们通常所说的某一点的海拔高程,是从大地水准面起算的。大地水准面是假定海水在完全静止状态下,并设想把它延伸到大陆、岛屿之下形成包围整个地球的封闭曲面。而由这一曲面——大地水准面所包围的球体,称大地球体。事实上,由于潮汐和风浪等的作用,静止的海洋面是不可能有的。因此,只能取平均海水面作为大地水准面。

大地球体之所以能够视为地球体形,一是海洋面积约占地球总面积的71%;另一是地面上最高山峰(珠穆朗玛峰海拔+8848.13米)和海洋最深点(马利亚纳海沟-11022.00米)合起来不到二万米。这样的高低起伏,相对于庞大的地球来说是微不足道的(若将地球缩为半径等于1米的球体,其最大的起伏约为3毫米)。但是,大地水准面的物理性质是该处的水准面和重力方向(铅垂线方向)正交的。显然,由于地球表面的高低起伏和地壳质量分布不均匀的影响,使重力方向发生不规则的变化,从而使大地水准面产生微量的起伏(如示意图1—1)。由于大地水准面是如此复杂的物理面,不能用数学公式准确地把它表达出来。为了

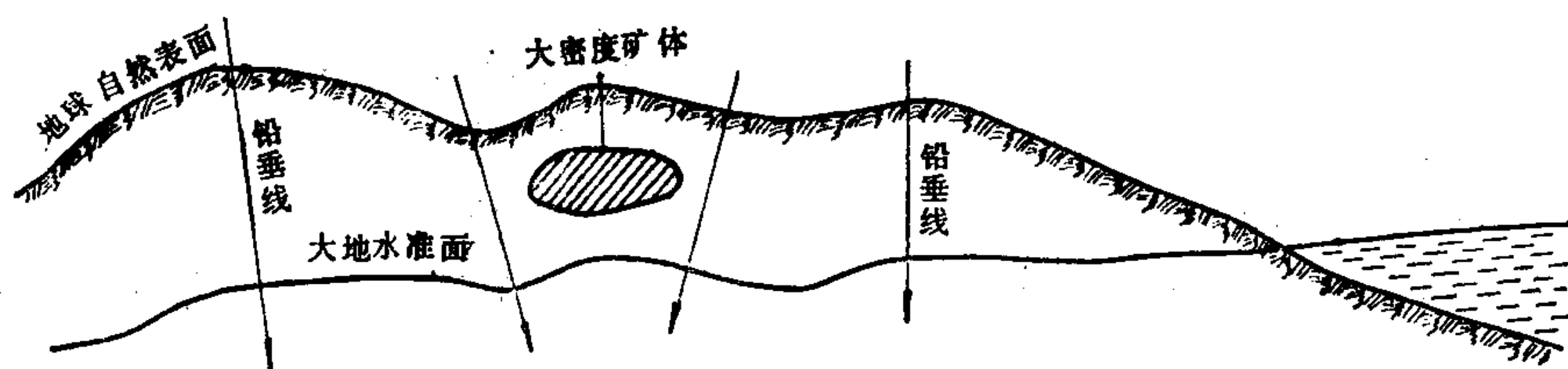


图1—1 大地水准面的特性

便于测绘成果的计算,我们须选择一个形状、大小同大地球体极为接近的几何体形——参考椭球体①来代替它(如图1—2)。

(2) 参考椭球体 它的形状和大小取决于它的长、短半径和扁率。由于它是椭圆绕其短

①以“参考”二字区别在理论上存在一个形状、体积与大地球体符合最好的总地球椭球体。

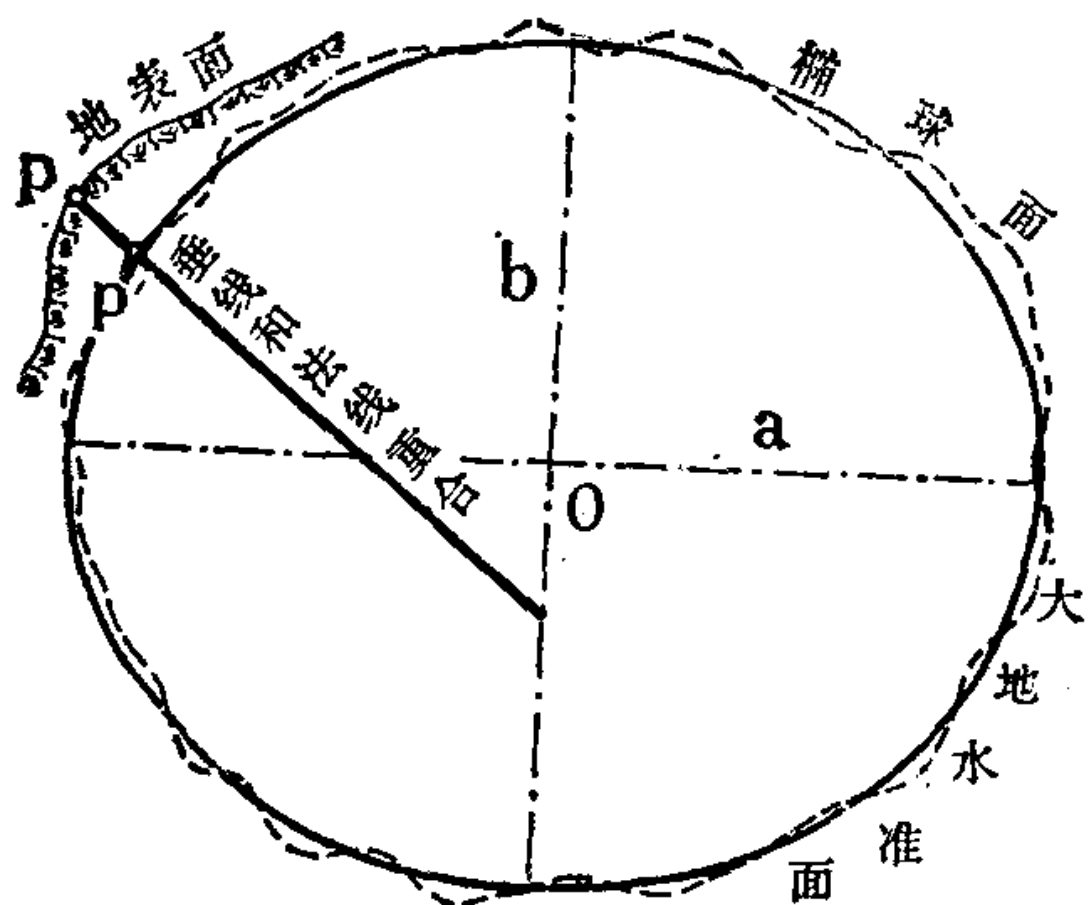


图 1—2 参考椭球体

轴旋转而成的，所以包含短轴（旋转轴）的平面与椭球面相截的线是一个椭圆；而垂直于旋转轴的平面与椭球面相截的线是一个圆。

椭球体的基本元素是
长、短半径 a 和 b

$$\text{扁率} \quad \alpha = \frac{a-b}{a}$$

几个世纪来许多学者曾分别测算出参考椭球体的元素值，表1—1为当今世界各国常用的。

表1—1

计 算 者	长半轴 a (米)	短半轴 b (米)	扁 率 α	年 代 和 国 家
白 塞 尔	6377397	6356079	1:299.2	1841年德国
海 福 特	6378388	6356912	1:297.0	1909年美国
克拉索夫斯基	6378245	6356863	1:298.3	1940年苏联
1975年基本大地 数 据	6378140	6356743	1:298.26	1975年国际大地测量与地球物 理联合会

我国在1952年前采用海福特椭球体元素，从1952年起用苏联克拉索夫斯基椭球体元素。目前我国正利用人造卫星的观测成果及全国大地测量资料计算适应我国实际的参考椭球体元素。

由于参考椭球体的扁率很小，在地形测量学的范围内可以把地球作为圆球看待，其半径为

$$R = \frac{1}{3}(a + a + b) = 6371 \text{公里}$$

地球的形状确定后，还应进一步确定大地水准面与椭球面相对关系，称参考椭球体的定位。“定位”后还有两个主要差异：一是大地球体对参考椭球体的起伏，也称“高程异常”。图1—3为沿赤道作的剖面图，高程异常最大值约为-140米到+125米。有了一系列高程异常的剖面图，便可编成大地水准面的起伏图，这样的成果在地学中有重要的参考价值；二是过一点的

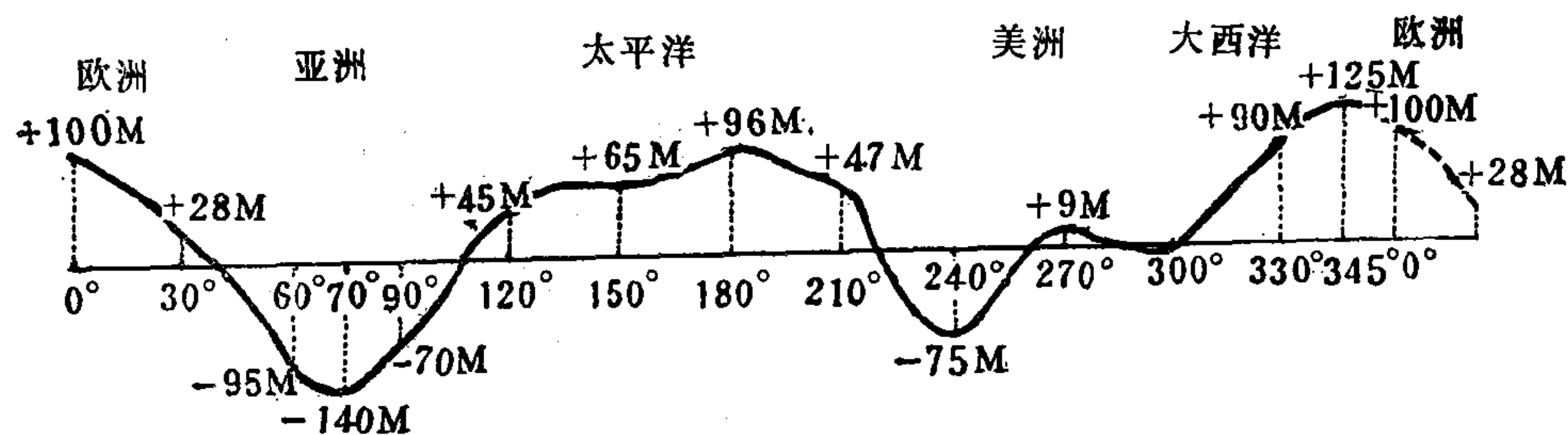


图 1—3 赤道上大地水准面的起伏

铅垂线与该点向参考椭球体作的法线方向之差异——称垂线偏差。如图1—4的 θ 角。图1—4为过地面上任一点 N 的剖面图。 GG 为大地水准面， HH 为参考椭球体面。垂线偏差主要取决于地壳的物质密度，它一般在 $2''$ — $6''$ ，但在重力异常地区可达 $10''$ — $30''$ ，甚至更大一些。

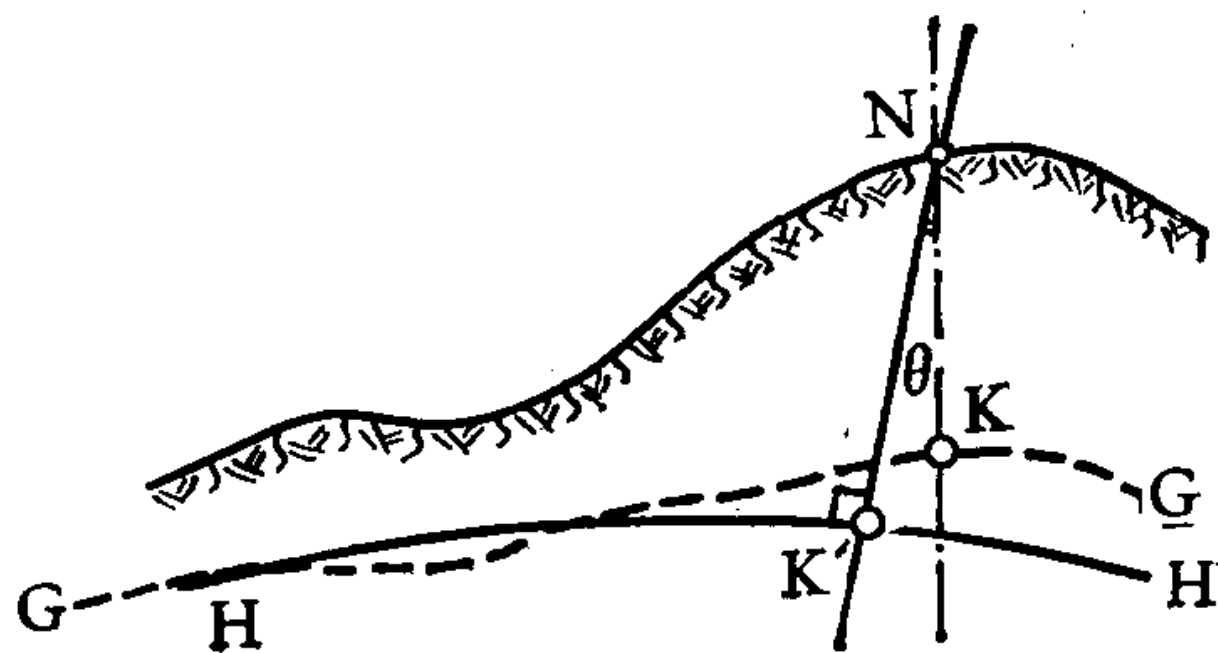


图1—4 垂线偏差

高程异常和垂线偏差都与地球物质分布有关。随着测绘科学技术的发展，对地球形状的确

定更加真实，如根据人造卫星测量资料推算出：地球是一个南北半球不对称的梨形，对于椭球来说，北半轴长了19米，南半轴短了26米。

§ 1—3 地面点的坐标与高程

大家知道，一点在空间的位置需要三个量来确定。在测量学中，这三个量通常用经纬度或平面直角坐标和高程表示。

一、坐标

1. 大地地理坐标

先介绍一下椭球面上常用的点和线。这里结合图1—5来说明。

南、北极 椭球短轴的两个端点 P 和 P_1 。

子午线（子午圈、经线） 包含短轴 PP_1 平面称子午面，其中通过原格林尼治天文台的子午面称为起始子午面（又称首子午面）。子午面与椭球相截所得的曲线称为子午线。同一条子午线上各点经度相等，故子午线又称经线。

平行圈（或称纬线） 垂直于短轴 PP_1 的平面与椭球面相截的圆，称为平行圈。同一条平行圈上的各点纬度相等，故对其又称纬线。

赤道 通过椭球体中心的平行圈，称赤道（其上各点的纬度等于零）。

法线 在椭球上，任取一点 Q_1 ，过 Q_1 点作一个与椭球面相切的切平面，通过 Q_1 作一条垂直于切平面的直线 Q_1K_0 ，则称直线 Q_1K_0 为 Q_1 点的法线。法线与短轴必然相交，但一般不交在椭球中心上。

法截面与法截线 包含 Q_1 点法线 Q_1K_0 的平面称为法截面。法截面与椭球面相截得出的曲线叫作法截线。显然，通过法线 Q_1K_0 可作无穷多个法截面，因而过 Q_1 点的法截线也有无穷多条。其中通过南北极的法截线就是子午圈。

卯酉圈 与子午面相垂直的法截面称为卯酉面。卯酉面与椭球面相截得出的曲线称为卯

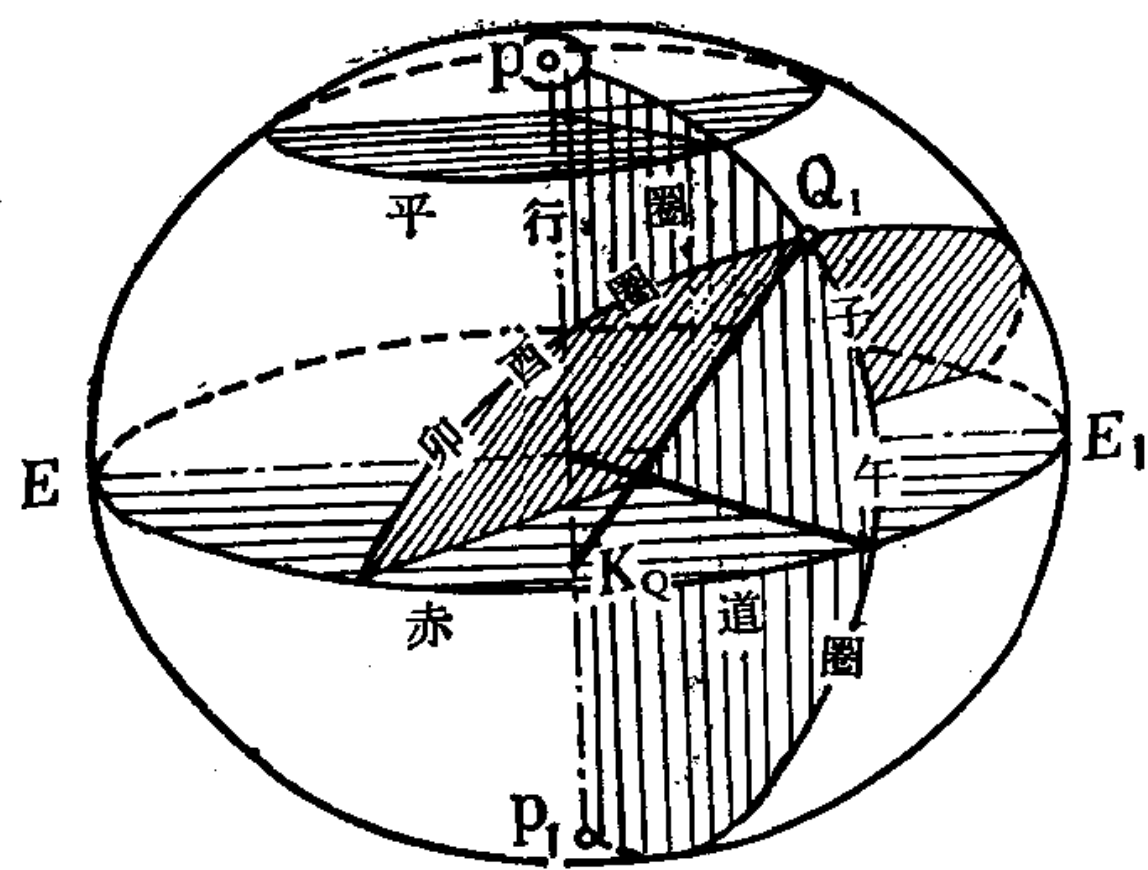


图1—5 椭球体上的点和线

西圈。

如图1—6所示， Q 为地面上的一点， QK_0 为 Q 点的法线， QK_0 与椭球面交点为 Q_1 ， Q 点的大地地理坐标用大地经度，大地纬度表示：

大地经度 Q 点子午面与起始子午面间的夹角（两面角），称为 Q 点的大地经度，以符号 L 表示。经度以起始经线为 0° ，自该经线起向东、向西各以 180° 计算，向东称东经，向西称西经。

大地纬度 在 Q 点的子午面内， Q 点的法线与赤道面的交角（ $\angle Q_1TR$ ），称为 Q 点的大地纬度，以符号 B 表示。纬度以赤道为 0° ，向北、南两极各以 90° 计算。向北称北纬，向南称南纬。

大地方位角 Q 点的大地子午面与过 Q_1 及照准点 I 的法截面间的夹角（ $\angle PQ_1I$ ），称为大地方位角，以符号 A 表示。其角值是自一点子午线的北端起，按顺时针方向由 0° 到 360° 计。大地方位角亦称真方位角。

最后顺便指出，经、纬线是地球表面上两组正交的曲线，这两组正交的曲线构成的坐标称为大地地理坐标系。在此坐标系中的地面上任一点 M 的位置，用 $M(B, L)$ 表示。除大地地理坐标系外，还有天文地理坐标系。在此坐标系中，地面上任一点 M 位置可用 $M(\varphi, \lambda)$ 表示。 φ —天文纬度， λ —天文经度。同一点的大地地理坐标和天文地理坐标一般是不同的。

2. 高斯平面直角坐标

在我国地形图比例尺大于 $1:50$ 万的都采用高斯投影方法，在平面上建立高斯直角坐标系。这个坐标系既与地理坐标相联系（见公式8—1），同时又是用平面直角坐标表示地面点的位置，从而极大地简化了测量与计算工作。

(1) 高斯投影 地球表面是一个不可展的曲面，将球面上的图形展到平面上必将产生变形。为了限制投影变形，高斯投影采用经差 6° 或 3° 的分带投影。投影带的划分及编号如图1—7所示。把每一个投影带展绘到平面上，从几何意义上看如图1—8(a)所示，设一横椭圆柱与地球椭球面上某一投影带的中央子午线（如第3带为 15° ）相切，椭圆柱中心轴通过地球椭球中心。将经纬线透视投影到椭圆柱面上，然后沿其母线切开，展成平面，即可得到在平面上的经纬线网。为了简化，只绘出投影带的界子午线、中央子午线及赤道的投影（图1—8(b)）。投影后的中央经线和赤道互相正交，且为投影带的对称轴。中央经线投影后保持长度不变，离开中央经线越远投影变形越大。在中纬度地区，边界上的长度变形约为 $1/1000$ ，当施测地形图比例尺大于 $1:1$ 万时需要采用 3° 带投影。

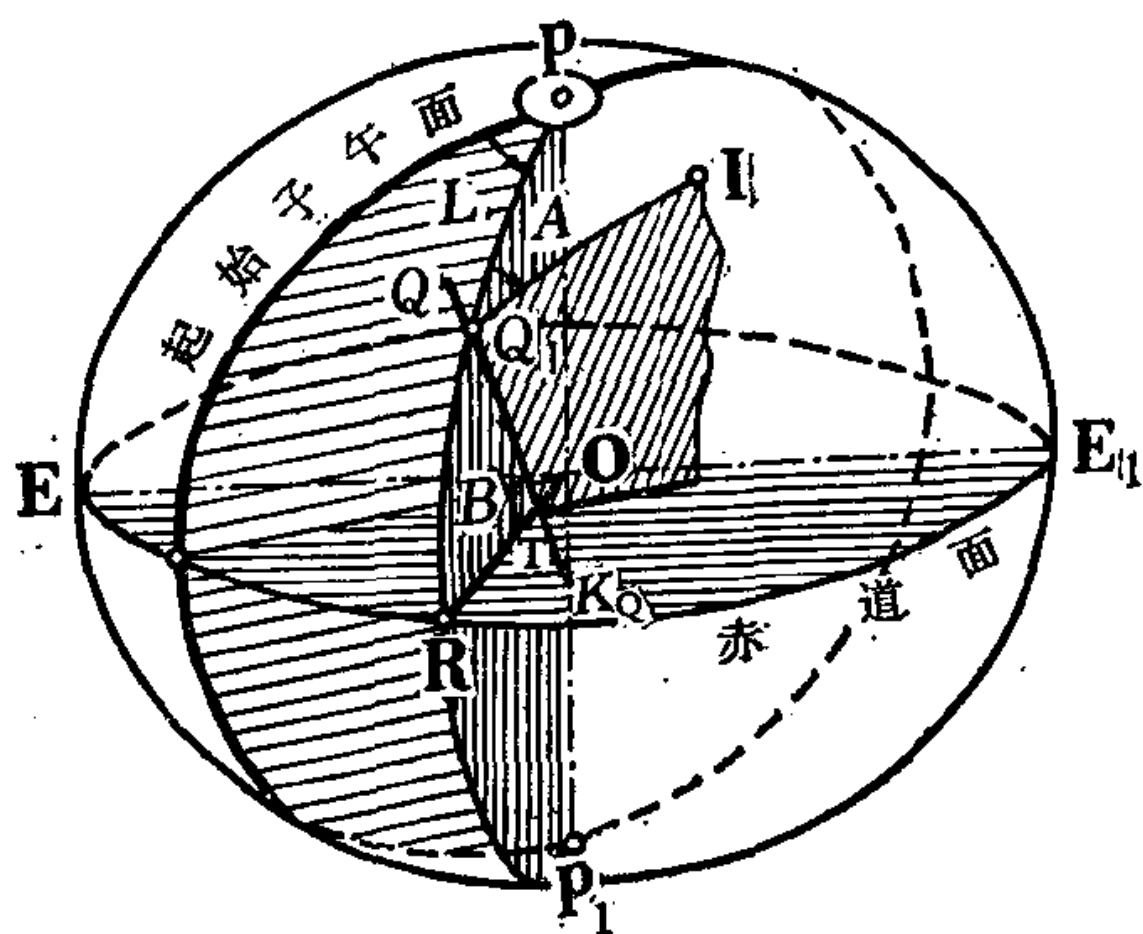


图 1—6 大地地理坐标

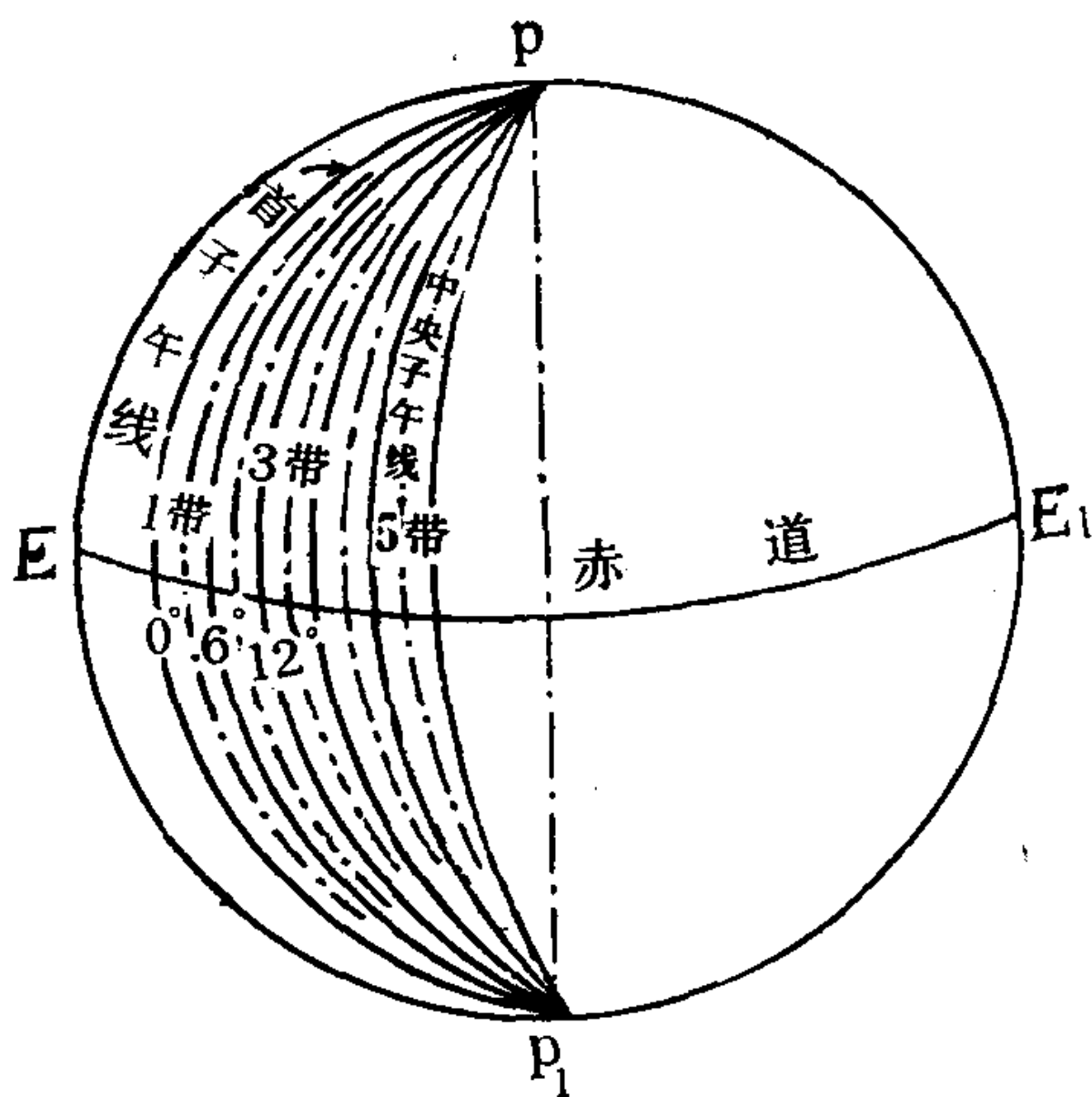


图 1—7 投影带及其编号

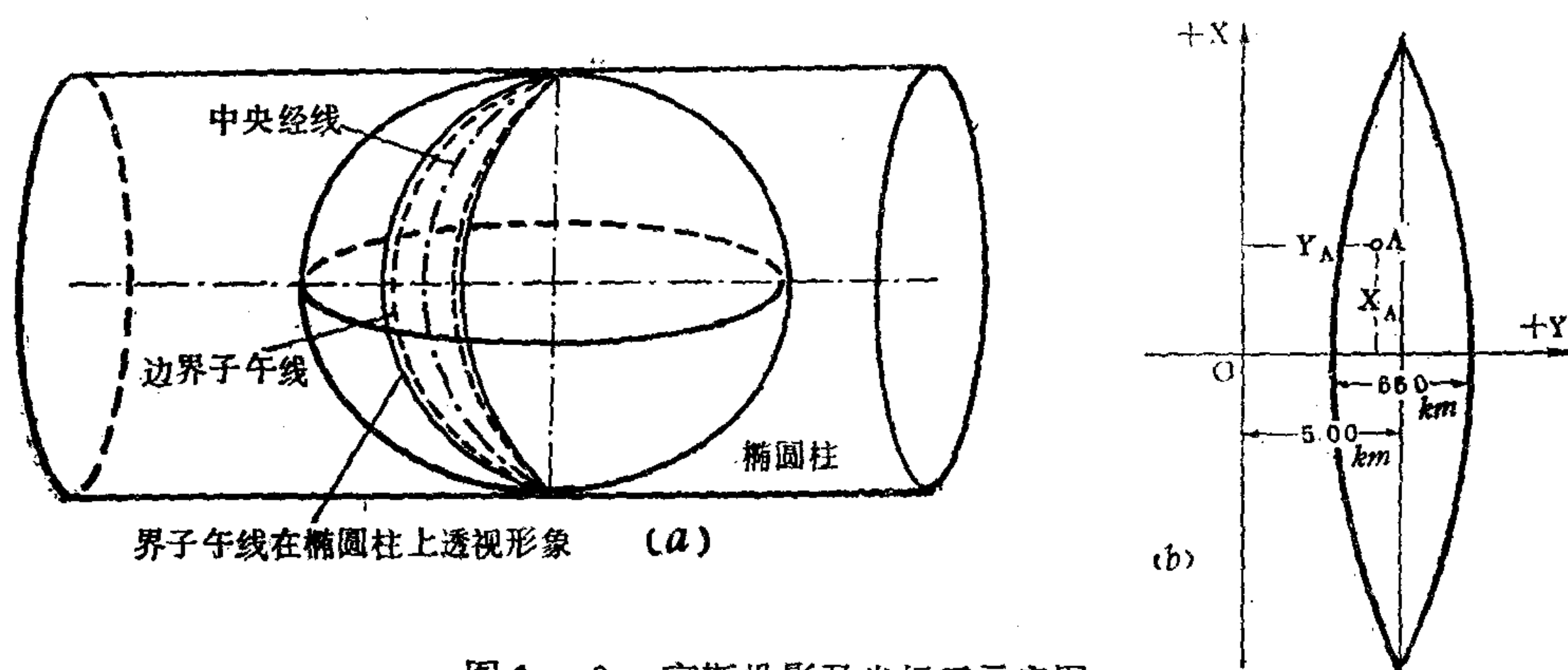


图 1—8 高斯投影及坐标系示意图

(2) 高斯平面直角坐标系 这个坐标系规定:每一投影带投影后的中央子午线即为该带平面直角坐标的纵坐标轴 (X 轴),投影后的赤道即为横坐标轴 (Y 轴),其交点为坐标原点。但是,为了避免横坐标值出现负值,统一规定把 X 轴定在离中央经线以西(即西移)500公里处(图1—8(b))。即原点坐标为 ($0^{\text{km}}, 500^{\text{km}}$)。可想而知,每个投影带都有一个彼此相同的高斯平面直角坐标系。为了区别点的坐标所属投影带,规定在横坐标 y 值前冠以投影带的带号。例如:某点的横坐标 $Y = 18210423.56$ 米,说明该点位于第18投影带。因为我国投影带号为2位数。从另一个角度来说,因为 6° 投影带在赤道上的宽度约为660公里,所以 Y 值不会超过6位整数。

最后说明一下,这种坐标系由高斯创立并经克吕格尔改进的,因而通常称它为高斯——克吕格坐标。

(3) 坐标方位角 图1—9中的 A_{DF} 是球体上 $\widehat{DF}$ 的真方位角。图1—10是图1—9在高斯平面上的投影。图中 nd 称过 d 点的坐标纵线,它与坐标纵轴平行。 d 点的子午线与坐标纵线所成的角度称为 d 点的高斯平面子午线收敛角,其近似公式为

$$\gamma_d = \Delta\lambda \cdot \sin\varphi \quad (1-1)$$

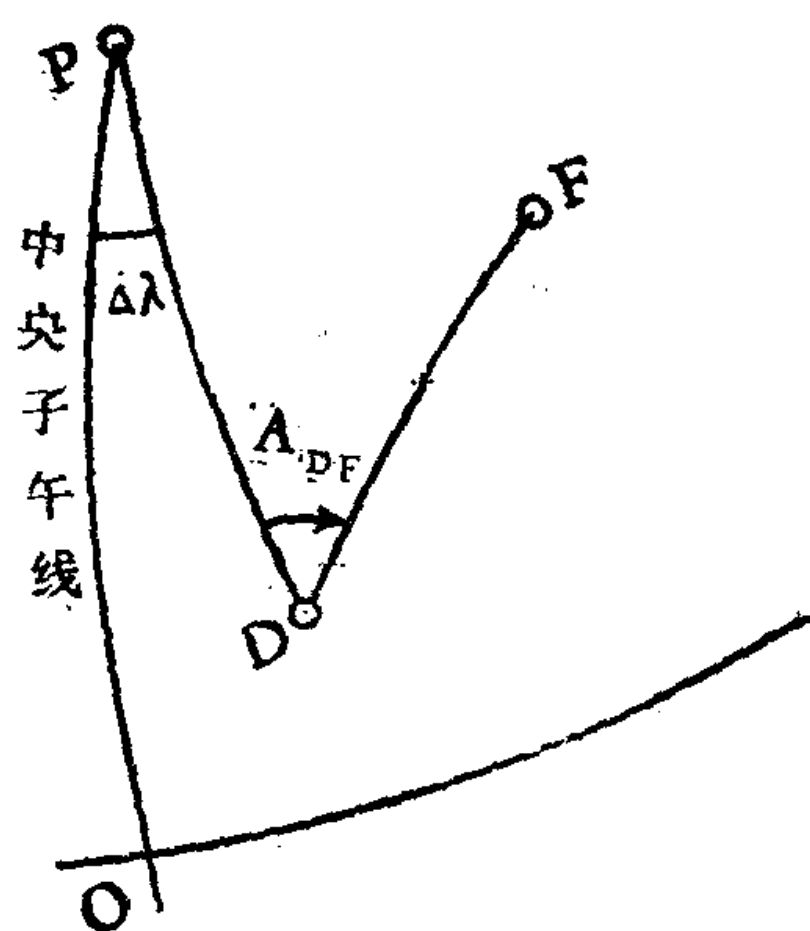


图 1—9 大地方位角

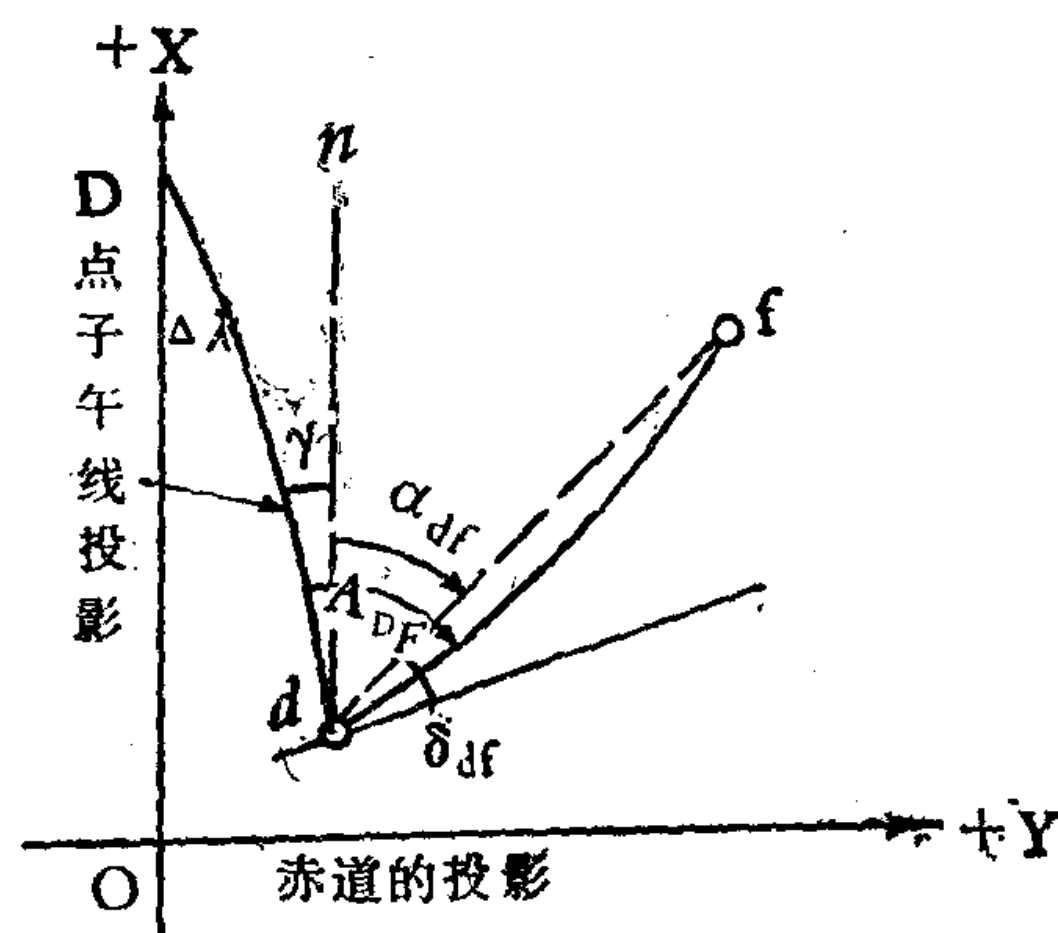


图 1—10 坐标方位角

式中 φ —— d 点的地理纬度； $\Delta\lambda$ ——经差，在中央子午线以东为正，以西为负，故 γ 本身具有正、负号。

图中 α_{df} 是自坐标纵线 nd 起，按顺时针方向到弦线（图中虚线） df 的夹角，称 α_{df} 为坐标方位角（也称方向角），它和真方位角之间的关系，由图1—10可知

$$\alpha_{df} = A_{DF} - \gamma_d - \delta_{df} \quad (1-2)$$

式中 δ_{df} ——方向改正，在 $\widehat{DF}$ 较短的情况下，可忽略不计。故公式（1—2）通常写成

$$\alpha_{df} = A_{DF} - \gamma_d \quad (1-3)$$

最后顺便指出，由于子午线收敛于两极，所以真方位角随点的位置不同而异，故使用不便。而在高斯坐标系中，坐标纵轴彼此平行（在一个投影带内），故便于推算直线方向，所以在实际工作中，多采用坐标方位角来标定直线方向，

二、地面点的高程

地理坐标（ φ, λ ）及高斯平面直角坐标（ X, Y ）只表示点在基准面上的投影位置。此外，还需要确定该点沿投影方向到基准面的距离，即点的高程。在一般测量工作中，都是采用大地水准面为基准面的高程系。某点沿铅垂线方向到大地水准面的距离，通常称为绝对高程或海拔高程，简称高程用 H 表示。如图1—11所示， H_A 及 H_B 分别为 A 和 B 的绝对高程。如

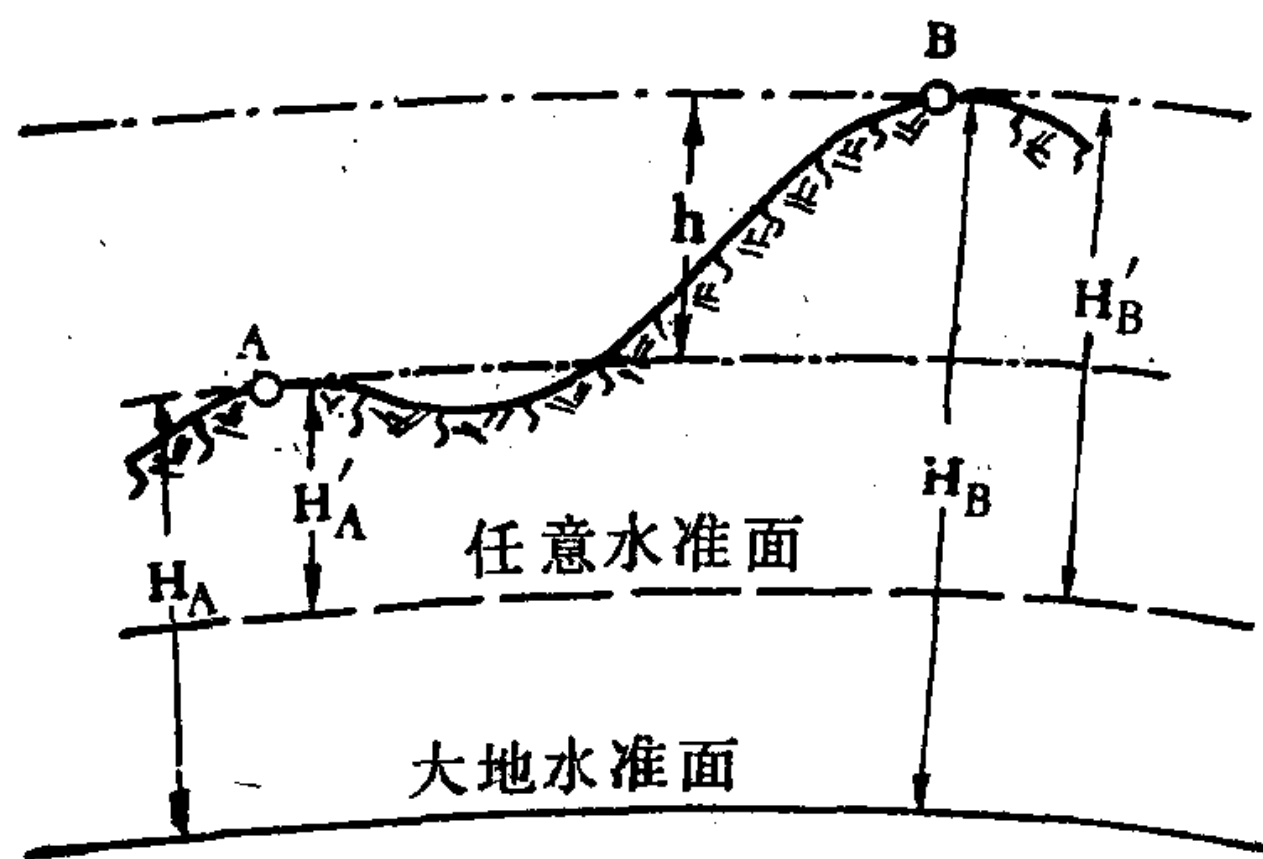


图 1—11 高程和高差

取任意水准面为基准面，则点到该水准面的垂直距离，称相对高程，如图中的 H'_A 和 H'_B 。

两点的高程之差称为高差，也就是通过这两个点的水准面间的垂直距离，用 h 表示。高差有正负之分，如 B 点高于 A 点，则 A 至 B 的高差为正，而 B 至 A 的高差为负。

如前所述，在实际工作中是采取平均海水面来代替大地水准面的。但是，各地区的平均海水面的高度并不相同（其差别由几厘米到一、二米以上），为了统一高程系统，我国取青岛验潮站测得的黄海平均海水面（1950年—1956年）作为

高程起算基准面（只是海南岛高程起算采用榆林平均海水面）。故通称1956年黄海高程系。

最后顺便提一下所谓1954年北京坐标系。它指的是，我国地理坐标的起算数据是根据1954年北京天文原点测量确定的。故称1954年北京坐标系。

§ 1—4 地 图

在地面上进行测量工作所得的成果，如用解析法表示，则得到的是各种测量数据（点的坐标和高程等），如用图解法表示，最后得到的是地图。关于地图可以全面概括为：地球表面的自然和社会经济现象，通过一定的数学法则（将投影到椭球面上的点，变换成平面上的直角坐标），经过缩小概括——制图综合，并以符号表示在平面上的图形。

一、地图的种类

地图是一个总体概念。它的种类繁多。下面讲的普通地图和专业地图都属于地图的范畴。