

TB22
5

普通测量

(第三版)

清华大学土木工程系测量教研组

中国建筑工业出版社

全书分四篇共十九章。第一篇介绍测量学的基本知识，主要测量仪器的构造、使用和误差理论的基本知识；第二篇介绍平面控制测量和高程控制测量；第三篇介绍大比例尺地形图的测绘，航空摄影测量和地形图的应用；第四篇介绍建筑、隧道、渠道、管线、土坝等的施工测量和变形观测；最后一章介绍光电测距仪的构造原理及其使用。在附录中，着重介绍了EL-5002计算器在测量上的应用及Basic语言计算程序举例，竖曲线测量等。

本书可作高等工业院校普通测量学的教科书、参考书，也可供从事工程测量的技术人员参考。

* * *

责任编辑：王鸿诏

普 通 测 量

（第 三 版）

清华大学土木工程系测量教研组

*
中国建筑工程出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工程出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)
*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：16³/₄ 字数：450千字

1985年3月第三版 1985年3月第七次印刷

印数：318,721—341,820册 定价：3.05元

统一书号：15040·4746

第三版前言

《普通测量》一书自1973年初版（第一版）及1977年增订版（第二版）出版以来，受到了广大读者的热情支持，并提出了许多宝贵的意见，在此深表感谢。

随着测绘技术的进步和我国社会主义四化建设的发展，该书部分内容有必要进行重新修改，以期不辜负广大读者的希望，为此，我们重新改写了本书的大部分章节，对保留的章节也作了必要的修订。

在内容编选上，考虑到从事测量工作的工程技术人员需要，同时也尽量注意了高等工业院校的教学要求和当前学生的实际水平。对于普通测量中的新技术，力求反映得详尽些。

本书绪论中加强了对测量工作基本概念の阐述；对全国统一设计的6"级和2"级经纬仪的结构作了较详细的介绍，还讲述了自动安平水准仪的原理结构；测量误差部分也试图应用概率统计的概念阐述得透彻些；在控制测量的计算中，全部改用计算器以真数计算，同时，简要地应用最小二乘法原理推导了平差计算的公式；在附录中还给出了各函数计算器的计算表格和程序实例及导线和三角网的Basic语言计算程序，以供参考。此外，还增加了红外测距仪，摄影测量两章等。

在这次编修中，将增订版中各章、节做了大幅度的调整，共分为四篇十九章。

本书可供测量工程技术人员和高等院校有关师生使用。也可选作高等院校非测量专业的测量教材。

参加本书编写的有王雄风、杨德骞、刘永明、郑国忠、刘育成、过静琚、季如进。主编：杨德骞、刘永明。最后由刘翰生教授审查。在编写过程中，得到储钟瑞教授的大力支持，在此一并致谢。

编者 1984.6

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 普通测量的任务及意义	1
§ 1-2 地面点位置确定的原理	2
§ 1-3 测量上的基准线和基准面	3
§ 1-4 地理坐标、高斯直角坐标及平面直角坐标	6
§ 1-5 地面点的高程	10
§ 1-6 测量的基本工作	11

第一篇 测量的基本工作和误差的基本知识

第二章 角度测量	13
§ 2-1 水平角和竖直角测量原理	13
§ 2-2 6"级光学经纬仪的构造	14
§ 2-3 望远镜	17
§ 2-4 水准器	22
§ 2-5 读数系统	23
§ 2-6 2"级光学经纬仪读数系统	27
§ 2-7 水平角观测	31
§ 2-8 竖直角观测	36
§ 2-9 经纬仪的检验与校正	42
§ 2-10 水平角观测的误差来源	45
第三章 距离丈量和直线定向	53
§ 3-1 距离丈量	53
§ 3-2 距离改正数	58
§ 3-3 距离丈量的精度要求和注意事项	61
§ 3-4 直线定向	62
§ 3-5 方位角、坐标方位角、象限角及其计算	63

§ 3-6 罗盘仪	67
第四章 水准测量	70
§ 4-1 水准测量原理	70
§ 4-2 微倾水准仪	71
§ 4-3 自动安平水准仪	73
§ 4-4 水准标尺与尺垫	76
§ 4-5 水准测量方法	78
§ 4-6 水准路线的校核及高程计算	80
§ 4-7 水准仪的检验与校正	84
§ 4-8 水准测量的主要误差来源及其注意事项	88
第五章 视距测量	93
§ 5-1 视距测量概念	93
§ 5-2 望远镜的视距原理	93
§ 5-3 视距测量及计算	96
§ 5-4 视距测量的误差来源	98
第六章 误差理论的基本知识	101
§ 6-1 测量误差及其分类	101
§ 6-2 概率及其运算定理	104
§ 6-3 偶然误差的概率密度函数	105
§ 6-4 衡量观测值精度的标准	108
§ 6-5 中误差的传播关系	115
§ 6-6 算术平均值和最小二乘法原理	120
§ 6-7 同精度观测值中误差的计算公式	126
§ 6-8 算术平均值中误差的计算公式	128
§ 6-9 不同精度观测值的权	130
§ 6-10 不同精度观测的最或是值及中误差	132

第二篇 平面控制测量及高程控制测量

第七章 导线测量	139
§ 7-1 平面控制测量概述	139
§ 7-2 导线测量概述	142
§ 7-3 导线测量的外业工作	145
§ 7-4 导线测量的内业计算	146

§ 7-5	导线错误的检查方法	155
§ 7-6	结点导线	157
第八章	小三角测量和交会法定点	163
§ 8-1	小三角测量的外业工作	165
§ 8-2	图根三角锁的计算	170
§ 8-3	一、二级小三角测量	177
§ 8-4	中点多边形控制网的计算	186
§ 8-5	四边形控制网的计算	189
§ 8-6	线形锁	192
§ 8-7	前方交会法	198
§ 8-8	距离交会	203
§ 8-9	后方交会法	204
第九章	高程控制测量	212
§ 9-1	全国高程控制网概述	212
§ 9-2	水准点	213
§ 9-3	三、四等水准测量	214
§ 9-4	三角高程测量	218
§ 9-5	过河水准测量	223

第三篇 大比例尺地形图的测绘及其应用

第十章	大比例尺地形图的测绘	227
§ 10-1	地物和地貌在地形图上的表示方法	227
§ 10-2	测图的准备工作	238
§ 10-3	经纬仪测绘法	242
§ 10-4	大平板测图法	246
§ 10-5	小平板仪和经纬仪（或水准仪）联合测图法	251
§ 10-6	选择立尺点的方法和测图内容的取舍	254
§ 10-7	地物和地貌的勾绘	256
§ 10-8	地形图的拼接、整饰和检查	258
第十一章	航空摄影测量	262
§ 11-1	航空摄影和对航摄象片的要求	262
§ 11-2	航摄象片与地形图的差别	266
§ 11-3	象片纠正	269

§ 11-4	立体量测原理	273
§ 11-5	航测外业	278
§ 11-6	航测内业控制点加密	284
§ 11-7	精密立体测图仪测图	285
§ 11-8	地面立体摄影测量	293
第十二章	地形图的应用	300
§ 12-1	概述	300
§ 12-2	地形图应用的基本内容	301
§ 12-3	在平整土地中地形图的应用	307
§ 12-4	城市用地的地形分析	312
§ 12-5	在给水排水工程规划中地形图的应用	315
§ 12-6	在水利工程规划设计中地形图的应用	315
§ 12-7	面积计算	320

第四篇 工 程 测 量

第十三章	施工测量的基本工作	327
§ 13-1	概述	327
§ 13-2	已知两点间水平距离的测设	327
§ 13-3	在地面上测设已知角度	329
§ 13-4	点的平面位置的测设方法	330
§ 13-5	点的高程位置的测设方法	334
§ 13-6	圆曲线的测设	335
第十四章	建筑施工测量和变形观测	345
§ 14-1	概述	345
§ 14-2	民用建筑主轴线的测设	346
§ 14-3	民用建筑的放线、抄平测量	348
§ 14-4	工业厂房主轴线和矩形控制网的测设	351
§ 14-5	工业厂房的放线、抄平测量	355
§ 14-6	烟囱的施工测量	361
§ 14-7	建筑物的沉降观测	365
§ 14-8	建筑物的倾斜观测和裂缝观测	369
第十五章	隧道测量	373
§ 15-1	隧道测量的任务和内容	373

§ 15-2	地面控制网	375
§ 15-3	隧道施工测量的准备工作	376
§ 15-4	直线隧道中线和腰线的测设	379
§ 15-5	折线和圆曲线隧道中线的测设	383
§ 15-6	激光指向仪指示掘进方向	386
§ 15-7	隧道开挖断面的放样	388
§ 15-8	地下导线测量	389
§ 15-9	通过竖井的高程传递和掘进方向传递	390
第十六章	渠道测量	396
§ 16-1	踏勘选线	396
§ 16-2	中线测量	397
§ 16-3	圆曲线的测设	399
§ 16-4	纵横断面水准测量	403
§ 16-5	纵横断面图的绘制	407
§ 16-6	土方量的计算	411
§ 16-7	渠道边坡的放线	413
第十七章	管线测量	418
§ 17-1	管线的定线工作	418
§ 17-2	地下管线的施工放线测量	419
§ 17-3	顶管施工测量	424
第十八章	土坝施工测量和变形观测	429
§ 18-1	坝轴线的测设	430
§ 18-2	坝身控制测量	431
§ 18-3	坝身的放线抄平测量	435
§ 18-4	溢洪道的放样	439
§ 18-5	土坝变形观测概述	441
§ 18-6	土坝变形观测	442
§ 18-7	土坝变形观测的成果整理	448
第十九章	光电测距仪	451
§ 19-1	红外测距仪测距原理	452
§ 19-2	测距仪原理框图及工作过程	455
§ 19-3	DCH-2型红外测距仪简介	463
§ 19-4	Wild DI4及DI4L红外测距仪简介	466

§ 19 5 测距仪的误差分析及仪器的检验	470
附录	480
一、国外短程光电测距仪性能指标简表	480
二、EL-5002计算器计算导线和小三角的计算程序.....	484
三、BASIC语言计算程序举例	497
四、竖曲线测量	511
五、测量常用的计量单位	515
六、部分常用测量词汇汉英对照	516
七、视距计算表	520

第一章 绪 论

§ 1-1 普通测量的任务及意义

普通测量学是一门研究应用测量工具对地球表面上局部区域内地面点的位置进行量度的科学，它的主要任务是：

一、测绘地形图

将地面上局部区域的各种建（构）筑物和地面起伏的形状、大小按一定的比例尺缩小测绘成图，为工程建设的规划、设计和施工提供重要资料。

二、建筑物放样

将图纸上规划、设计好的建筑物位置测设到地面上，作为施工的依据；在建筑物施工过程中，还要测量工作的紧密配合，以保证施工质量。

另外，对于一些大型、重要的建筑物，在其使用过程中，还要进行位移和变形测量，以便在必要时对建筑物采取加固措施，以确保安全。

测量工作对我国的社会主义经济建设和国防建设具有重大的意义。在经济建设中，如城市的扩建和改建，村镇居民点的兴建和改造，各种类型工矿企业的建设，铁路、公路、输油管路和高压输电线路等的敷设和修建，各项水利工程的兴建，农业土地规划和整理，地下矿藏的勘探和开采，森林资源的调查和采伐等都要以地形图和各种测量数据为依据。在国防建设中，如各项国防工程的修建，以及作战时的战役布署和具体军事行动的指挥等，也都需要有精确的地形图及各种观测数据。

总之，任何工程建设都离不开测量工作，从事工程建设的技术人员必须掌握一定的测量学的基本知识和基本技能。因此，测量学就成为工程建设技术人员的一门必修的基础技术课。

§ 1-2 地面点位置确定的原理

在测量上，将地面上的房屋、河流、道路等称为地物；将地面上高低起伏的形态称为地貌；地物和地貌总称为地形。地形的变化是多种多样十分复杂的。如何将地形测绘到图纸上呢？这就需要在地物和地貌的轮廓线上选择一些具有特征意义的点，只要将这些点测绘到图纸上，就可以参照实地情况比较准确地将地物、地貌描绘出来而获得地形图。什么是地物特征点和地貌特征点，今举例说明如下：从图1-1(a)中可以看出，房屋的平面位置就是房屋的轮廓线，而房屋的轮廓线则是1、2、3、4等折点的连线，因此只要将1、2、3、4点的平面位置测绘到图纸上，相应地连接这些点，就可以获得房屋在图上的平面位置。一条河流，如图1-1(b)，它的边线虽然不规则，但弯曲部分仍可以看成是由许多短直线所组成，只要确定了1、2、3、4……各点在图上的位置，那么，这条河流的平面位置也就确定了。上例中的1、2、3、4……各点即为地物特征点。

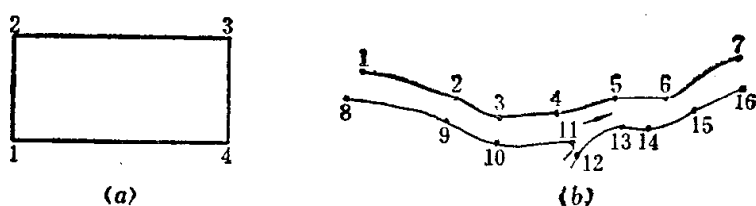


图 1-1

同理，如图1-2所示，地面的起伏形态（地貌）也可以用地面坡度变化点1、2、3、4……各点所组成的线段来表示，因为各段内的坡度是一致的，所以只要把1、2、3、4……各点的高程和平面位置确定后，地貌的形态也就反映出来了。图中的1、2、3、4……各点即为地貌特征点。

由此可见，测量工作的根本任务就是确定地面点的位置。无论是地形图的测绘还是建筑物的放样，都可以归结为测定点位的

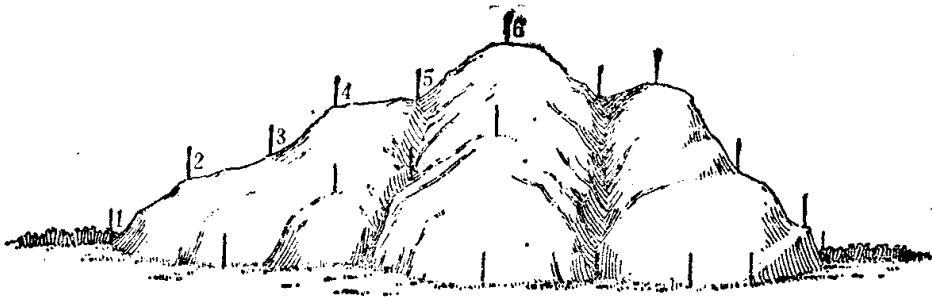


图 1-2

问题。

所谓确定地面上某一点的点位，就是确定它的平面位置和高程。如图1-3,首先要确定一个投影基准面（简称基准面）及投影基准线（简称基准线）。沿基准线投影到基准面上的位置，即点的平面位置；沿基准线量出的高度，即点的高程，这样就可以把地面点的空间位置确定下来。

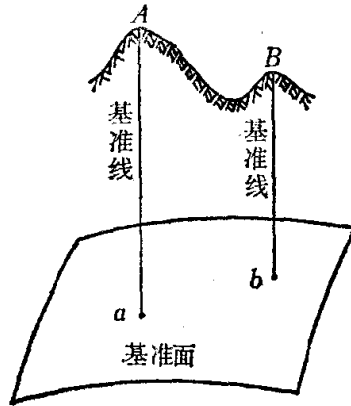


图 1-3

§ 1-3 测量上的基准线和基准面

一、基准线

在测量上，以通过地面上某一点的铅垂线作为该点的基准线。所谓铅垂线就是地面上一点的重力方向线。

任何地面点都受着地球上各种力的作用，其中主要的有地球质心的吸引力和地球自转所产生的离心力，这两个力的合力称为重力，如图1-4(a)。如果在地面点上悬一个垂球，其静止时所指的方向就是重力方向，这时的垂球线，称为铅垂线，如图1-4(b)。

二、基准面

在测量上，作为点位投影和计算点位高度的基准面就是大地水准面。

什么叫水准面？地球表面上处处和重力方向垂直的面叫做水准面，如静止的水表面，图1-5(a)，它的每一个质点都受到重力

的作用，因此，由无数个质点所形成的水表面必然处处与重力方向垂直，这就是一个水准面。由于地球内部质量分布的不均匀，所以作为处处与重力方向垂直的水准面为一个不规则的复杂的曲面。

水准面可以处于不同的高度位置，可以有无穷个，如图1-5(b)。

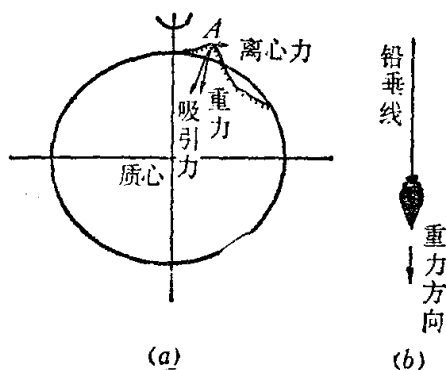


图 1-4

所谓大地水准面（图1-6）就是设想将静止的海水面延伸、穿过整个大陆和岛屿所形成的一个闭合曲面。由大地水准面包围

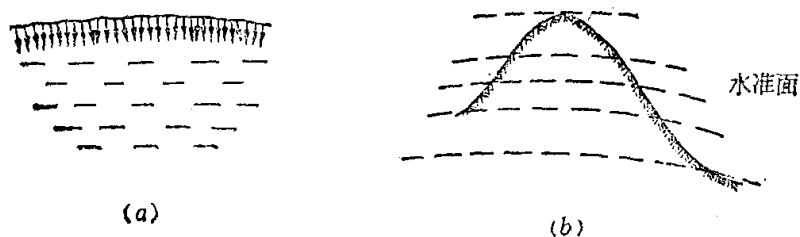


图 1-5

起来的椭球体叫做大地球体。显然，大地水准面也具有水准面的特点，是一个表面处处与重力方向垂直的复杂的、不规则的曲面。

在实际测量工作中，任何测量仪器上都装置有水准器，如图1-7(a)，在地球重力的作用下，当水准管气泡居中时，水准管圆弧顶点的法线即与重力方向一致。利用水准器可以整置仪器的竖轴如图1-7(b)，使之与过地面点A的水准面垂直，因此，观测所

得的结果就是以过地面点的水准面为基准而获得的，测量上统一视作以大地水准面为基准而获得的。

尽管地面上测得的结果是以大地水准面为基准的，但由于大地水准面是一个不规则的、复杂的曲面，它不可能通过一个数学式子精确地表达出来，因此，在测量的计算和制图工作中，通常用一个非常接近大地水准面的规则的几何表面，即旋转椭圆体面（又称参考椭圆面）来代替大地水准面作为计算和制图的基准面。

图1-8 (a) 为大地水准面(虚线)与旋转椭圆体面(实线)的差别

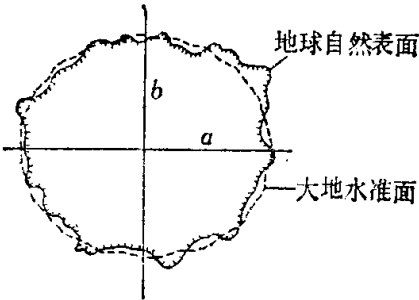
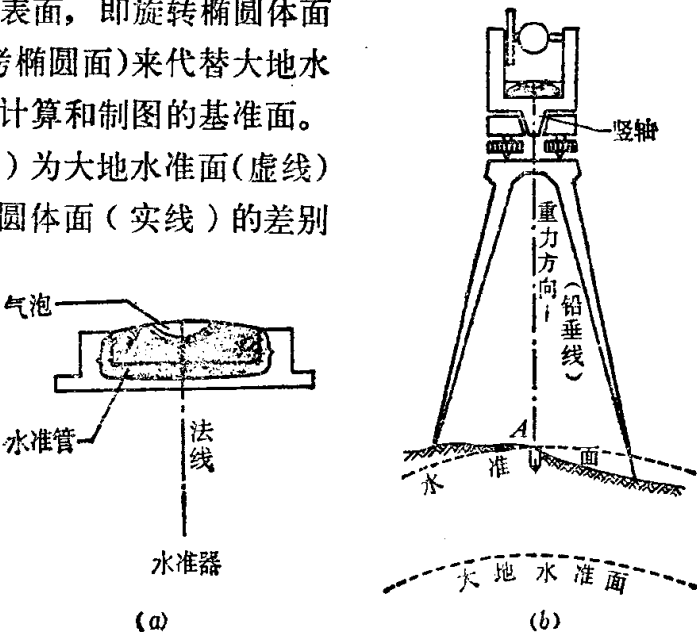


图 1-6



(a)

(b)

图 1-7

示意图。图1-8(b)为地球自然表面（简称地面）、大地水准面与旋转椭圆体面三者的差别示意图。

旋转椭圆体面是一个数学表面（图1-9），它的大小可由长半径 a ，短半径 b 来表示。我国1980年以后采用的值为

$$a = 6378140 \text{ 米}$$

扁率

$$e = \frac{a-b}{a} \approx 1/298.257$$

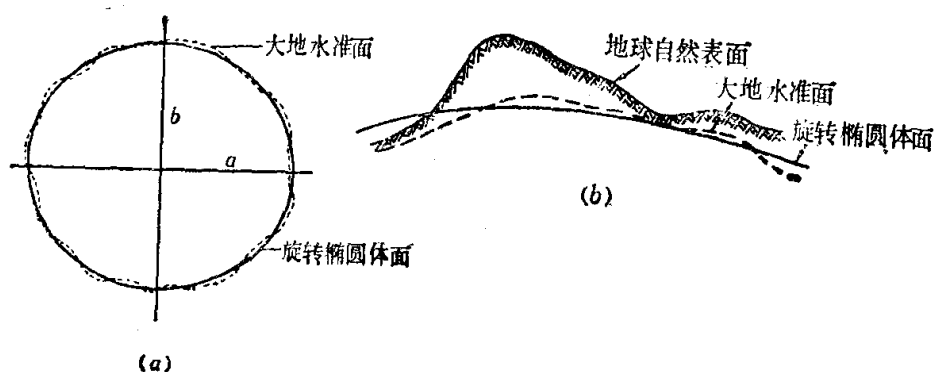


图 1-8

由于地球的扁率很小，极接近于圆球，因此在要求精度不高的情况下，可以近似地将其当作一个圆球体，半径 $R=6371$ 公里。

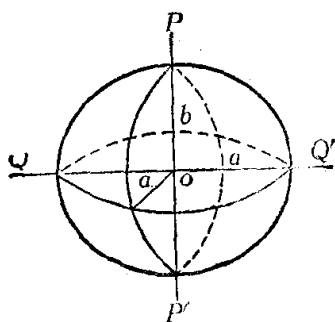


图 1-9

§ 1-4 地理坐标、高斯直角坐标及 平面直角坐标

测量上确定地面点平面位置的坐标系有地理坐标、高斯直角坐标及平面直角坐标三种：

一、地理坐标

地面上一点的平面位置在椭球面上通常用经度和纬度来表

示, 称为地理坐标。

如图1-10所示, O 为地心, PP' 为旋转椭圆体的旋转轴, 又称地轴, 它的两端点为北南两极。过地轴的平面称为子午面。子午面与旋转椭圆体面的交线称为子午线或经线。过地轴中心且垂直于地轴的平面称为赤道面。赤道面与旋转椭圆体面的交线称为赤道。

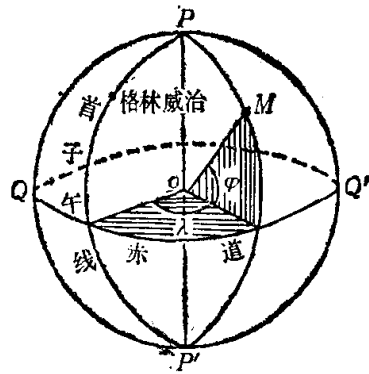


图 1-10

世界各国统一将通过英国格林威治天文台的子午面作为经度起算面, 称为首子午面。首子午面与旋转椭圆体面的交线, 称为首子午线。地面上某一点 M 的经度, 就是过该点的子午面与首子午面的夹角, 以 λ 表示。经度从首子午线起向东 180° 称东经; 向西 180° 称西经。

地面上 M 点的纬度, 就是该点的法线与赤道平面的交角, 以 φ 表示。纬度从赤道起向北由 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称北纬, 向南由 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称南纬。例如, 北京的地理坐标, 经度是东经 $116^\circ 28'$, 纬度是北纬 $39^\circ 54'$ 。

二、高斯直角坐标

地理坐标只能用来确定地面点在旋转椭圆体面上的位置, 但测量上的计算和绘图, 要求最好在平面上进行。大家知道, 旋转椭圆体的表面是个闭合曲面, 那么如何建立一个平面坐标系呢? 在测量工作上采用高斯横圆柱投影的方法来建立平面直角坐标系, 称为高斯直角坐标系。如图1-11(a), 高斯横圆柱投影就是设想用一个横圆柱面, 套在旋转椭圆体外面, 并与旋转椭圆体面上某一条子午线(如 POP')相切, 同时使圆柱的轴位于赤道面内并通过椭圆体的中心, 相切的子午线称为中央子午线。然后将中央子午线附近的旋转椭圆体面上的点、线投影到横圆柱面上去, 如将旋转椭圆体面上的 M 点, 投影到圆柱面上得 m 点,

再顺着过极点的母线，将椭圆柱面剪开，展成平面，如图 1-11 (b)，这个平面称为高斯投影平面。

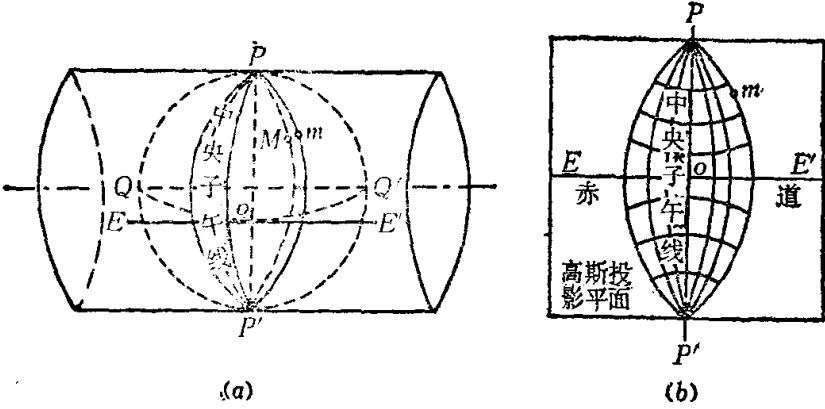


图 1-11

高斯投影平面上的中央子午线投影为直线且长度不变，其余的子午线均为凹向中央子午线的曲线，其长度大于投影前的长度，离中央子午线愈远长度变形愈大，为了将长度变形限制在测图精度允许的范围内，一般都采用六度分带法，即从首子午线起每隔经差 6° 为一带，将旋转椭圆体面由西向东等分为六十带，即 $0^\circ \sim 6^\circ$ 为第1带， 3° 线为第1带的中央子午线， $6^\circ \sim 12^\circ$ 为第2带， 9° 线为第2带的中央子午线，……，每一带单独进行投影，如图1-12所示。

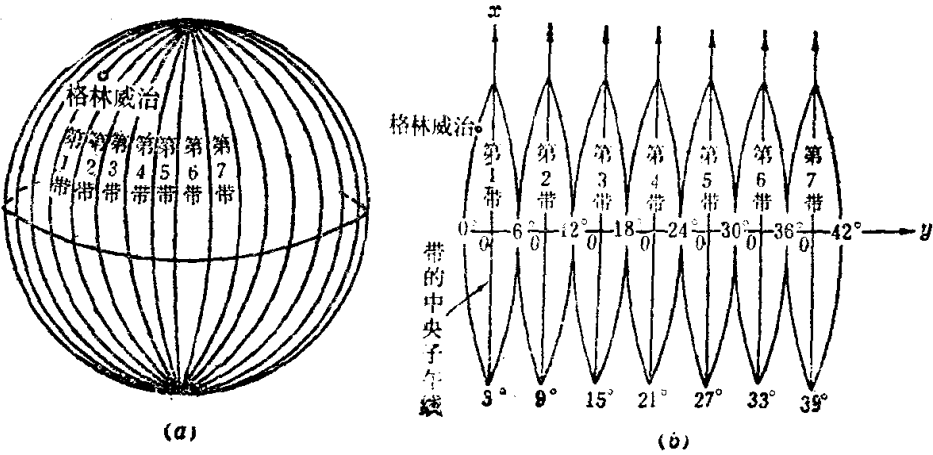


图 1-12