

普通高等教育测绘类规划教材

建筑测量学

杨德麟 高 飞 编著

测 绘 出 版 社

普通高等教育测绘类规划教材

建筑测量学

杨德麟 高 飞 主编

测绘出版社

· 北京 ·

内 容 提 要

本书是全国普通高等院校测绘类规划教材。全书共分十二章，依次介绍：测量学基本概念、地形图基本知识、地形图的应用、测量仪器及其使用、测量误差的基本知识、大比例尺地形图的测绘、大比例尺数字地形图的测绘、航空摄影测量与遥感在城镇规划中的应用、近景摄影测量在建筑测绘中的应用、建筑施工测量、全球定位系统（GPS）及其应用概述、地理信息系统及其应用概述等。

本书是城市规划和建筑学专业的本科建筑测量学基本教材，也可作为土木建筑工程、市政道路桥梁工程、环境地质工程等专业的本、专科参考教材以及相关专业的研究生选修教材，亦可作为上述相关专业工程技术人员的专业参考书。

图书在版编目（CIP）数据

建筑测量学/杨德麟，高飞编著. —北京：测绘出版社，
1998.12
ISBN 7-5030-0914-4

I. 建… II. ①杨… ②高… III. 建筑测量 IV. TU19

中国版本图书馆 CIP 数据核字（98）第 13688 号

测绘出版社出版发行
(100054 北京市白纸坊西街 3 号 (010) 63510007)
三河市艺苑印刷厂印刷
新华书店经销
1999 年 11 月第 1 版 2001 年 3 月第 2 次印刷
开本 787×1092 1/16·印张 13
字数 290 千字·印数：1001—3000
定价：13.80 元

前 言

随着国民经济建设的不断发展和改革开放的不断深入，建筑行业与国际接轨的要求越来越迫切。我国实行注册建筑师制度是建筑业走向国际市场的前提之一。这就要求提高规划建筑师的素质，丰富其知识面。作为培养建筑师的摇篮，高等学校城市规划和建筑学专业应在教学计划、课程内容体系上进行变革，以保证其培养目标能适应新形势的要求。建筑测量学作为新时代建筑师必备的专业基础知识，理应得到重视。本教材正是以此为出发点，经过多次调查研究，在原测量学教材的基础上进行了重大改革，采用了变“以测图为主体”为“以地形图为主线，以用图为目的，紧密结合建筑测绘新技术”的教材编写原则，以期使城市规划和建筑学等非测量专业的测量学课程教学真正达到学有所用的教学目的。

当前测绘科学迅猛发展，各项新技术已注入到规划和建筑设计的各个领域。例如，以电子全站仪和全球定位系统（GPS）为代表的新技术正逐步替代常规测量方法；以数字化测图为主要数据源的地理信息系统（GIS）已在建筑规划行业得到应用；航空摄影测量与遥感（RS）的应用也愈加广泛；又如近景摄影测量在建筑测绘，尤其在古建筑的研究保护、维修和建档方面更加普及，1992年12月英国女王皇宫被焚后的重建工作，就依赖于所保存的皇宫近景摄影测量资料。作为新一代跨世纪的建筑规划师或建筑专业的大学生，对有关的测绘新技术不仅要有所了解而且应当逐步掌握，将其应用于规划和建筑设计中去，以替代传统的手工测绘和在地形图纸上进行规划设计的作业方式。

本书由杨德麟（清华大学）、高飞（合肥工业大学）主编，具体编写情况为：杨德麟编写第一、七、九、十二章；刘永明（清华大学）编写第八、十、十一、十二章；高飞编写第二、三、四、五、六、十一章。

考虑到本教材涉及到的测绘新技术较多，目前一些学校会受到硬件条件的限制，建议在教学过程中辅以一定的电化教学，用形象直观、内容丰富的电视教学片来增强学生的感性认识，以达到使学生掌握教学内容的目的。

本教材由国家测绘专业教育指导委员会组织审定，并得到了国家测绘局人教司和清华大学、合肥工业大学领导及教师的大力支持和帮助，合肥工业大学邵士珍老师在本教材的前期调研和编写工作中付出了大量的辛勤劳动，王依教授和王黎同志对本书进行了审阅并提出许多宝贵的建议，在此一并表示感谢。

由于作者水平所限，书中缺点和疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

1996年5月

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1-1 概述	(1)
§ 1-2 地面点位的确定	(2)
§ 1-3 测量工作的基准线、基准面和基准方向	(3)
§ 1-4 地面点的坐标	(5)
§ 1-5 地面点的高程	(8)
§ 1-6 测量的基本工作	(9)
§ 1-7 测量工作的原则	(9)
思考题与习题	(10)
第二章 地形图的基本知识	(11)
§ 2-1 概述	(11)
§ 2-2 地形图的比例尺	(11)
§ 2-3 地物符号	(14)
§ 2-4 地貌符号——等高线	(17)
§ 2-5 地形图上的三北方向	(21)
§ 2-6 地形图的分幅编号与图廓	(22)
思考题与习题	(27)
第三章 地形图的应用	(29)
§ 3-1 地形图应用的基本内容	(29)
§ 3-2 建筑用地的地形分析	(33)
§ 3-3 地形图在城市规划中的应用	(36)
§ 3-4 地形图在建筑设计中的应用	(41)
§ 3-5 土地平整与土方计算	(44)
思考题与习题	(47)
第四章 普通测量仪器及其使用	(49)
§ 4-1 水准仪及高程测量	(49)
§ 4-2 经纬仪及角度测量	(56)
§ 4-3 钢卷尺、红外测距仪及距离测量	(63)
§ 4-4 罗盘仪及其使用	(69)
§ 4-5 全站型电子速测仪	(71)
思考题与习题	(73)
第五章 测量误差的基本知识	(76)

§ 5-1	概述	(76)
§ 5-2	衡量精度的标准	(78)
§ 5-3	误差传播定律	(79)
§ 5-4	算术平均值及其中误差	(81)
	思考题与习题	(83)
第六章	大比例尺地形图的测绘	(84)
§ 6-1	控制测量概述	(84)
§ 6-2	经纬仪导线测量	(86)
§ 6-3	碎部测量方法	(93)
§ 6-4	数字化测图引言	(98)
	思考题与习题	(99)
第七章	大比例尺数字地形图的测绘	(101)
§ 7-1	大比例尺数字测图概述	(101)
§ 7-2	数字测图野外数据采集原理与方法	(104)
§ 7-3	地形图的绘制	(108)
§ 7-4	数字测图软件简介	(112)
	思考题与习题	(117)
第八章	航空摄影测量与遥感在城镇规划中的应用	(118)
§ 8-1	航空摄影测量概述	(118)
§ 8-2	航摄像片的几何特性	(120)
§ 8-3	像片平面图的制作	(122)
§ 8-4	航摄像片平面图的判读	(123)
§ 8-5	航摄像对的立体量测	(124)
§ 8-6	精密立体测图和解析法测图简介	(127)
§ 8-7	遥感概念	(129)
§ 8-8	遥感的基本原理	(130)
§ 8-9	卫星像片的判释	(136)
§ 8-10	卫星像片在城镇规划和建筑设计中的应用	(137)
	思考题与习题	(140)
第九章	近景摄影测量在建筑测绘中的应用	(142)
§ 9-1	近景摄影测量概述	(142)
§ 9-2	近景摄影测量的基本知识	(143)
§ 9-3	近景摄影机及其使用	(145)
§ 9-4	基本摄影方式和误差讨论	(148)
§ 9-5	野外摄影和测量	(153)
§ 9-6	像片的模拟处理	(158)
§ 9-7	像片的解析处理	(158)

§ 9-8 建筑摄影测量	(161)
思考题与习题	(165)
第十章 建筑施工测量	(166)
§ 10-1 施工测量概述	(166)
§ 10-2 施工放样的基本工作	(167)
§ 10-3 施工测量控制网与主轴线	(172)
§ 10-4 砖砌房屋建筑的施工放线	(174)
§ 10-5 高层建筑的施工测量	(176)
§ 10-6 竣工测量与沉降观测	(180)
思考题与习题	(182)
第十一章 全球卫星定位系统 (GPS) 及其应用概述	(183)
§ 11-1 全球卫星定位系统的构成	(183)
§ 11-2 GPS 定位原理	(185)
§ 11-3 GPS 定位方法	(186)
§ 11-4 GPS 定位技术的应用	(188)
思考题与习题	(188)
第十二章 地理信息系统 (GIS) 及其应用概述	(190)
§ 12-1 地理信息系统概述	(190)
§ 12-2 GIS 的构成	(191)
§ 12-3 GIS 的应用	(194)
思考题与习题	(197)
参考文献	(198)

第一章 绪 论

§ 1-1 概 述

测量学是研究地球表面上局部地区的形状和大小,以及确定地面点空间位置的科学。它是测绘学的一个重要组成部分,其主要任务是:

一、测绘地形图

将地球表面上局部地区的物体和形态,按一定的比例缩小测绘到图纸上,即为测绘地形图。

二、建筑物放样

将图纸上规划、设计好的建(构)筑物的位置放样(测设)到地面上,作为施工的依据。

测量学作为一门古老而又富有生命力的科学,其应用范围很广。在国民经济和国防建设、军事保障等方面,测绘信息都是重要的基础资料。在城镇规划、农业基本建设、工矿、水利、交通、铁路建设诸方面,自始至终都需要测量工作的配合和提供地形图及其它测绘信息。国防建设、军事保障要求测绘工作提供军用地图和数据信息;导弹、火箭、各种飞行器的发射和命中目标,都需要测量工作提供空间信息和地理信息。就是在行政管理方面测绘信息也是不可缺少的。

在建筑行业,任何一项工程建设都需要经过勘测、规划设计和施工几个阶段。几乎可以认为,整个工程由测量开始,以测量终结,测量工作贯穿始终。例如,工程开始,先要测绘建设区的现状地形图,供规划设计使用,而后要按设计图纸进行施工放样测量,以保障建筑物准确地按设计位置、形状和大小进行施工,施工完毕后应测绘竣工图,作为今后工程的使用、管理、维修和扩建的依据。对一些重大的工程,还要进行建筑物变形观测。

对建筑师来说,掌握测绘的基本知识和基本技能,尤其是学会读图和用图,了解施工放样的主要方法,是十分重要的。同时,随着新技术的不断发展,从事建筑规划设计的人员也需要不断地更新测绘知识,如城市规划专业学生了解一些航测遥感知识;建筑学专业的学生了解一些近景建筑摄影测量知识,都是很有益处的。

测绘学科也和其它学科一样,经过了长期的生产实践和漫长的发展阶段,已由古代原始的测绘技术发展到现在现代化的测绘技术和方法。随着计算机科学、摄影测量与遥感科学、地图学、图像处理科学的发展,结合微电子技术、空间技术、信息科学技术和现代通信技术等在测绘领域的应用,使现代测量学已经成为高科技综合应用的学科。

在地面测量工作中,测角、量距、测高程已进入高度自动化的程度。如,自动瞄准、自

动记录、自动传输和处理数据的电子全站仪；利用卫星定位的全球定位系统（GPS），已能实现实时定位，获得点之间的基线向量和三维坐标，并可用于工程测量的测设工作，精度可达 $\pm(5\text{mm}+5\times 10^{-6}D)$ 或更高。在航空摄影测量与遥感方面，已使用数字摄影测量技术，使摄影测量、图像处理、制图融为一体，并且可以制成电子地图，供国民经济建设、国防和军事使用。以测绘信息为基础的地理信息系统（GIS）已经在土地、农业、城市建设方面得到广泛应用。总之，测绘学科的发展不仅实现了测量技术的现代化，提高了测绘成果的质量，扩大了测量技术的使用范围，而且改变了某些传统的测量观念，完善了传统的测量理论，使其本身成为一门崭新的高科技学科。

§ 1-2 地面点位的确定

测量工作的根本任务是确定地面点的位置。

在测量工作中，对地面上有固定形状的物体，如房屋、道路、河流等称为地物；地面的高低起伏形态，如平原、山地、洼地等称为地貌，地物和地貌总称为地形。地形的变化多种多样，十分复杂，要将地形表示到图上，就需要在地物和地貌的轮廓线上选择一些有代表性的具有特征意义的点，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。

例如，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 等拐角点的连线，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纸上的平面位置。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 等各点在图上的位置，那么，这条河流的平面位置也就确定了。上两例中的 1、2、3、4、……各点即为地物的特征点。

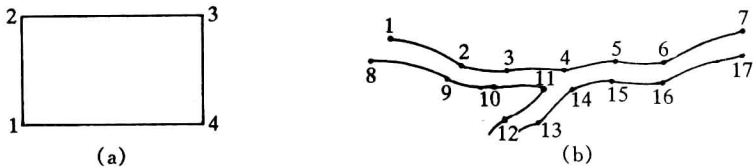


图 1-1

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 等各点所组成的线段来表示。因为各线段内的坡度是一致的，所以只要把 1、2、3、4 等各点的平面位置确定下来，地貌的形态也就基本上描绘出来了。图中的 1、2、3、4 等各点即为地貌特征点。

图纸上设计好的建（构）筑物，也是各种各样的，设图 1-1（a）为纸上设计的房屋，只要将 1、2、3、4 拐角点放样到地面上，则 1、2、3、4 点的连线，即为所设计房屋的实际

平面位置。

由此可见，测量工作的根本任务就是确定地面点的位置。无论是地形图测绘还是建（构）筑物放样，都可以归结为确定点位的问题。

一个点的空间位置需要用三个量来确定，也就是确定它的平面坐标（ x, y ）和高程（ H ）。如图 1-3，首先要确定一个投影基准面和投影基准线（简称基准面和基准线），地面点 A, B 沿铅垂线投影到基准面上的位置 a, b ，即为相应的投影点位，在测量上，建立了标准坐标系，用坐标确定的 a, b ，即为地面点 A, B 的平面位置，沿基准线量出的高度 Aa, Bb 即相应点的高度。

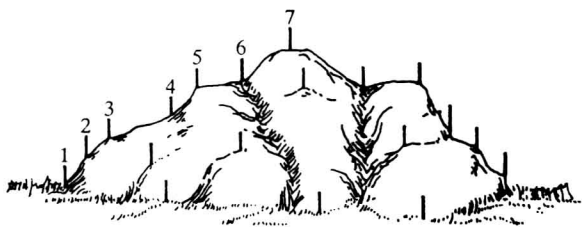


图 1-2

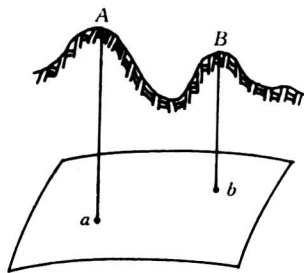


图 1-3

§ 1-3 测量工作的基准线、基准面和基准方向

一、基准线

基准线是测量工作的垂直标准线和点位投影的方向线。

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。

地面上任何一点都受着地球质心的吸引力和地球自转所产生的离心力的作用，其合力称为重力，重力的作用线即为铅垂线，如图 1-4（a）所示。静止的垂球线即称铅垂线，其所指的方向即为重力方向，如图 1-4（b）。垂直于铅垂线的线（面）称为水平线（面）。

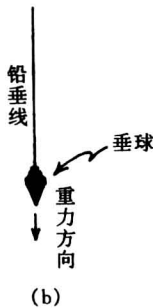
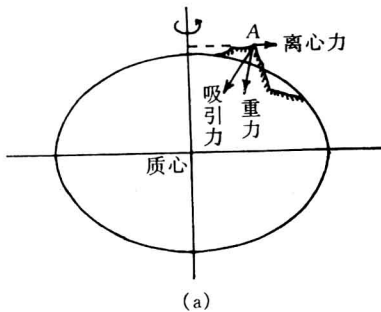


图 1-4

二、基准面

在测量学中，作为点位投影和计算点位高程的基准面就是大地水准面。

地球表面有高山、丘陵、平原和海洋等。最高的珠穆朗玛峰高出海水面达 8848.13m，最低的马里亚纳海沟低于海水面 11022m，但这样的高低起伏，相对于地球半径 6371km 来说还是很小的。海洋约占整个地球表面的 71%，所以人们将海水所包围的形体看作地球的形体。当水面处于静止状态时，其表面每一个质点都受到重力作用，因此该表面必然处处与重力方向垂直，这个面称为水准面。由于地球内部质量分布不均匀，所以处处与重力方向垂直的水准面，是一个有微小起伏的复杂的曲面。水准面可处于不同高度位置，可以有无穷多个（如图 1-5）。与水准面相切的平面称为水平面。

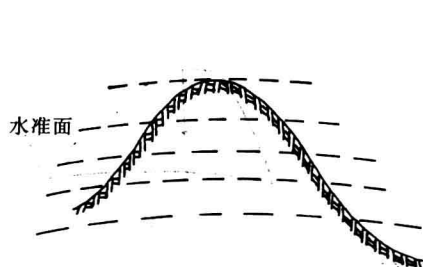


图 1-5

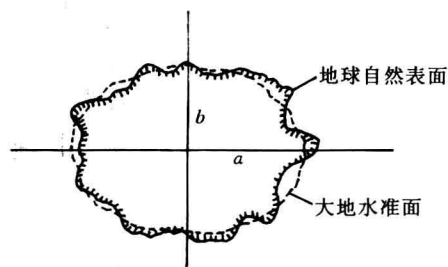
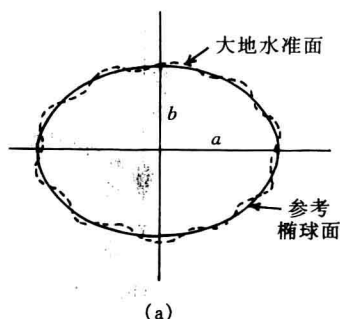


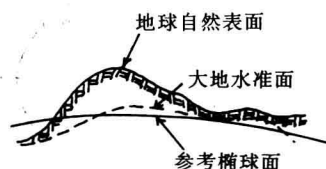
图 1-6

设想静止的平均海水面延伸，穿过整个大陆和岛屿，形成一个闭合曲面，这个特定的面称为大地水准面（图 1-6）。显然，大地水准面具有水准面的特征，是一个处处与重力方向垂直的、有微小起伏的、复杂的曲面。

测量上，大地水准面即为点位投影和计算点位高程的基准面。由大地水准面包围起来的椭球体叫大地体。尽管地面上测得的结果是以大地水准面为基准的，但由于地球内部质量分布不均匀，引起铅垂线方向不规则变化，致使大地水准面是一个不规则的、复杂的曲面，无法用数学模型精确表达。因此在测量计算和制图工作中，通常用一个非常接近大地水准面的规则面，即参考椭球面来代替大地水准面（图 1-7）。



(a)



(b)

图 1-7

参考椭球面是一个数学表面(图 1-8),它的大小可由长半径 a 、短半径 b 和扁率 e 来表示。我国 1980 年以后采用 1975 年国际大地测量学会 (IAG) 推荐的参考椭球面的数值:

$$a=6378140\text{m} \quad e=(a-b)/a=1/298.257$$

由于地球扁率很小,接近于圆球,因此在精度要求不高的情况下,可近似地将它看作一个圆球体,其半径 $R=(a+a+b)/3\approx 6371\text{km}$ 。

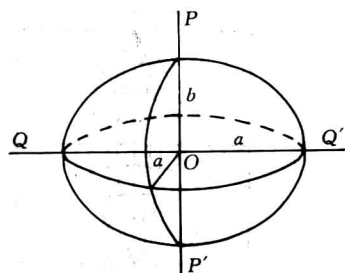


图 1-8

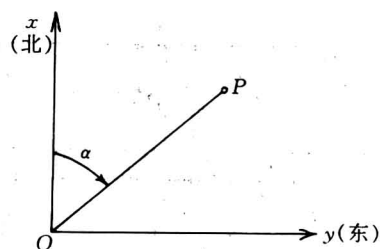


图 1-9

三、基准方向

测量工作的基准方向是子午线的北方向,表示一条边的方向是用由北方向起顺时针量取的角度值表示的,简称方位(方位角),如图 1-9 所示。有了方位才能确定坐标,测量上将北方向定为 x 轴,这样数学上的公式在测量上可照常应用。

§ 1-4 地面点的坐标

测量上确定地面点位置的坐标有地理坐标、高斯平面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表示,称为地理坐标,如图 1-10 所示。

世界各国统一将通过英国格林尼治天文台的子午面作为经度起算面,称为首子午面。首子午面与旋转椭球面的交线,称为首子午线。地球上某一点 M 的经度,就是该点的子午面与首子午面的夹角,以 λ 表示。 M 点的纬度,就是该点的法线与赤道平面的夹角,以 φ 表示。例如北京的地理坐标为东经 $116^{\circ}28'$,北纬 $39^{\circ}54'$ 。

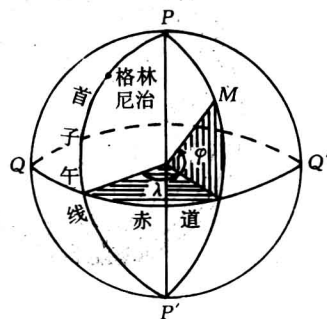


图 1-10

二、高斯平面直角坐标

地理坐标是椭球面上的坐标,而测量的计算成果和所绘图最好表示在平面上,因此必须采用适当的方法来建立一个平面直角坐标系,称为高斯平面直角坐标系,见图 1-11 (a)。

高斯平面直角坐标系建立的方法是设想用一个椭圆柱面，横套在旋转椭球体外面，并与某一条子午线（如 POP' ）相切；同时，椭圆柱的轴线位于赤道面内，并通过地心。相切的子午线称为中央子午线，可将椭球体上的点线投影到横椭圆柱面上。如椭球体面上的 M 点，按保持两面图形等角的条件，投影到椭圆柱面上 m 点，再顺着椭圆柱面的过极点的母线，将其切开，展成平面，如图 1-11 (b)，这个平面称为高斯投影平面。

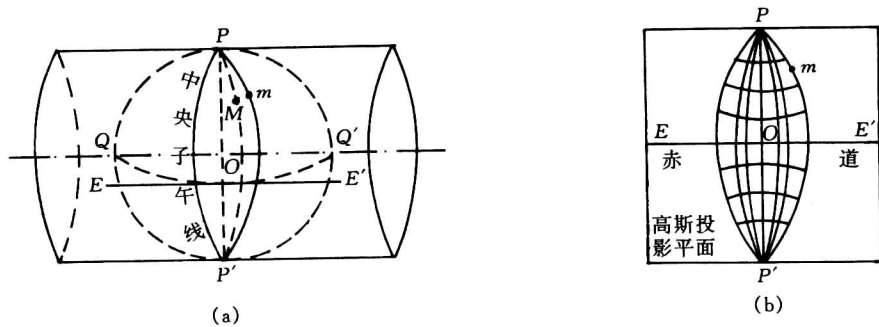


图 1-11

高斯投影平面上的中央子午线投影为直线且长度不变，其余的子午线两端均向中央子午线收敛，其长度大于投影前的长度，离中央子午线愈远长度变化愈大。为了将长度变化限制在允许的范围内，通常采用六度分带法，即从首子午线起，每隔经差 6° 为一带，将椭圆体由西向东等分为 60 带，第一带的中央子午线的经度为 3° ，任意带的中央子午线经度 L_0 可由下式计算：

$$L_0 = 6N - 3 \quad (1-1)$$

式中： N 为投影带带号。

按以上 60 个投影带分带单独进行投影，如图 1-12 所示。

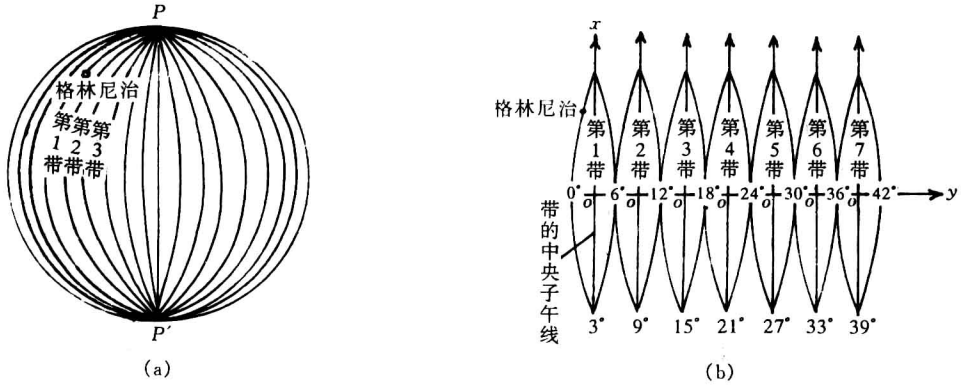


图 1-12

有了高斯投影平面,测量上还需建立平面直角坐标系。如图 1-13,以每一带的中央子午线的投影为直角坐标系的纵轴 x ,向上(北)为正,向下(南)为负;以赤道投影线为直角坐标系的横轴 y ,向东为正,向西为负,两轴交点为坐标原点。

由于我国领土全部位于赤道以北,因此 x 均为正值;而 y 值则有正有负。为了避免计算中 y 出现负值,故规定每带中央子午线各向西移 500km,所得轴线为 x 轴,同时为了表明投影的是那一带,还规定在 y 值前面加上一个两位数的带号,如:

$$\begin{aligned}x_m &= 3447218.971\text{m} \\ y_m &= 19667214.556\text{m}\end{aligned}$$

式中: y_m 坐标的 19,表示 6 度分带的第十九带。

采用高斯平面直角坐标时,需要通过比较复杂的数学(投影)计算,一般用于大面积的测区。当要求投影变形更小时,可采用三度分带投影法(3°带),此时各带中央子午线的经度为:

$$L'_0 = 3n \tag{1-2}$$

式中: n 为 3°带带号。

三、平面直角坐标

当测区较小时,可以不考虑地球曲率,而将其当作平面看待。如图 1-14,地面上 $A、B$ 两点在椭球面 P 上的投影为 $a、b$ 。现设水平面 P' 与球面 P 在 a 点相切,则 AB 在球面上的投影长 $ab(=d)$ 与其在水平面上投影长 $ab'(=t)$ 之差:

$$\Delta d = t - d = R \tan \theta - R \theta = R (\tan \theta - \theta)$$

用三角级数公式展开后取主项可得:

$$\Delta d = R \left[\left(\theta + \frac{1}{3} \theta^3 + \dots \right) - \theta \right] = \frac{R}{3} \theta^3$$

$$\text{因 } \theta = d/R$$

则
$$\Delta d = \frac{d^3}{3R^2}$$

或
$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{d^2}{3R^2} \tag{1-3}$$

以 $R=6371\text{km}$ 和不同的 d 值代入(1-3)式,可得表 1-1。

由表 1-1 可以看出,当 $d=10\text{km}$ 时,以 t 代替 d 的误差不超过 1cm,其相对误差为 1:1200000,这样的精度对精密量距来讲,也是允许的。所以可以确认:在半径 10km 的圆面积内,可忽略曲率的影响,用水平面替代水准面。

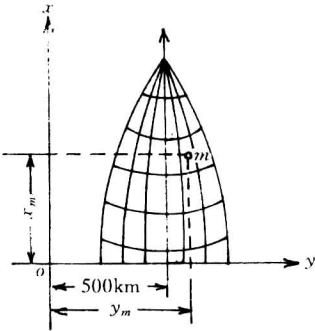


图 1-13

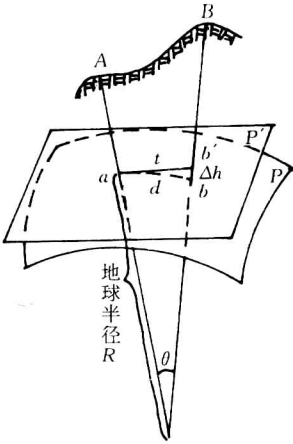


图 1-14

表 1-1

d/km	$\Delta d/\text{cm}$	$\Delta d/d$ (相对误差)
10	0.82	1/1200000
20	6.57	1/304000
50	102.65	1/49000

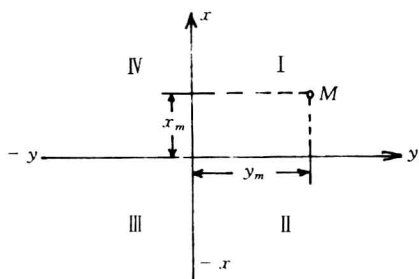


图 1-15

如果将小测区当作平面看待，就可以直接将地面沿铅垂线投影到水平面上，用平面直角坐标来表示它的投影位置和推算点与点之间的关系，而不必进行复杂的投影计算。

平面直角坐标系如图 1-15 所示。纵坐标为 x ，横坐标为 y ，由 x 轴正向起象限按顺时针排列；坐标原点值取用高斯直角坐标值，也可以根据实际情况设置，又称独立平面直角坐标系。实际设置时，一般使坐标原点设置在测区西南角，使测区全部落在第 I 象限内。如某点 M 的坐标可写为：

$$x_m = 724.567\text{m}$$

$$y_m = 975.832\text{m}$$

§ 1-5 地面点的高程

确定地面点的空间位置，除确定它在投影面上的坐标外，还需要确定地面点的高程。

所谓高程，就是地面上一点到大地水准面的铅垂距离，以 H 表示（图 1-16）。由于它是从全国统一的大地水准面起算的，因此又称为绝对高程。如果是从假设的某一个水准面起算的高程，则称为相对高程，用 H' 表示。地面上两点高程之差称为高差，用 h 表示。如图 1-16 中 A 、 B 两点高差为：

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1-4)$$

实际海水面的高低时刻在变化，通常是在海边设立验潮站，进行长期观测，取平均海水面的高度作为高程的零点，即通过该零点的水准面为大地水准面，为高程的起算面。我国曾采用青岛验潮站 1950 年～1956 年观测成果推算的黄海平均海面，作为高程零点，称 1956 年黄海高程系，其水准原点的高程为 72.289m。自 1987 年起采用青岛验潮站 1953 年～1979 年观测成果推算的黄海平均海面为高程零点，又称“1985 国家高程基准”。由此算得青岛国家水准原点的高程为 72.260m。

大地水准面是一个曲面，当测区很小时，也可以将它看成平面。图 1-14 中的 Δh 就是用水平面代替水准面所产生的误差，即曲率对高程的影响，由图可知：

$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + t^2$$

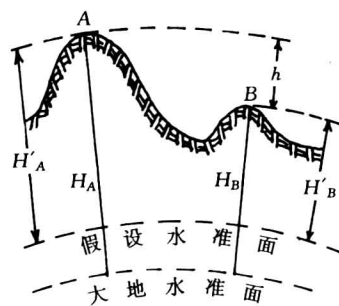


图 1-16

即

$$\Delta h = \frac{t^2}{2R + \Delta h}$$

式中， $t \approx d$ ，且 Δh 与 R 相比较，可忽略不计，于是：

$$\Delta h = \frac{d^2}{2R} \tag{1-5}$$

以 $R=6371\text{km}$ 和不同的距离代入上式，可得表 1-2。

表 1-2

d/m	50	100	200	500	1000	2000	3000
$\Delta h/\text{mm}$	0.2	0.8	3.1	20	78	314	706

由表 1-2 可以看出，曲率对高程的影响是很大的，在较精密的高程测量中只有 100m 距离以内才不考虑曲率对高程的影响，超过 100m 的距离都应该顾及此项误差。

§ 1-6 测量的基本工作

前面讲过，测量工作的根本任务就是确定点位，并阐明了如何依据基准线和基准面来确定点的坐标和高程。那么，实际要通过哪些测量工作才能最终确定点位呢？

如图 1-17 所示，地面点 A 、 B 、 C 沿铅垂线投影到水平面 P 上，分别为 a 、 b 、 c 。为确定 A 、 B 、 C 的空间位置，必须进行下列工作：

- 1. 测量出地面上 AB 、 BC 两条边投影在水平面上的长度（称水平距离） D_{ab} 、 D_{bc} ；
- 2. 测量出 AB 、 BC 的方向，也就是量出水平面上 ab 直线与指北方向间的夹角 α （称方位角）及 ab 与 bc 之间的夹角 β （称水平角）；
- 3. 测出 A 与 B 、 B 与 C 点间的高差 h_{ab} 、 h_{bc} ，如果其中 A 点高程已知，则可求得其余点高程。

通过以上测量取得的数据，就可求得确定 A 、 B 、 C 点空间位置的坐标 x 、 y 、 H 。

由此可见，距离、角度、高差是测定点位的三个基本要素。测量各点的三个要素值是测量的基本外业工作。再通过计算，绘图等基本内业工作，就可将地形表示在图纸上。

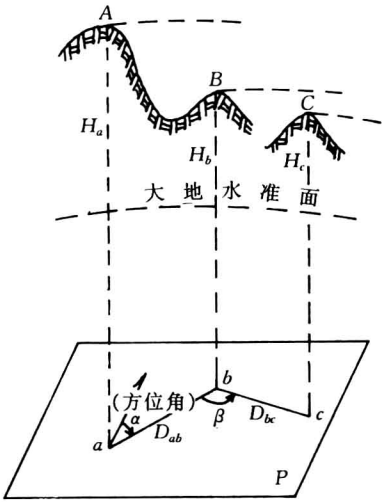


图 1-17

建筑放样同样是通过这些基本工作，将图上设计的建筑物放样到地面上。

§ 1-7 测量工作的原则

不论在测图或是放样测量工作中，都需要大量地测定地面特征点的点位，如何测定更

为有效，是值得研究的。一种方法是一点一点地推测下去，另一种方法是先在测区选择若干个有控制意义的点，作为控制点（如图 1-18 中 A、B、C、... H 点），较精确地测定它们的点位，然后根据控制点测定其周围的特征点（如 1、2、3 点.....）的位置，这些特征点称为碎（细）部点。这样既能减少误差积累，保证精度，又便于分工进行测量工作。因此，后者测量程序被称为“从整体到局部，先控制后碎部”的测量原则。

在大量测定特征点的工作中难免出错，而错误往往给工程在人力、物力、工期上带来极大的损失。为了防止错误，各项测量工作中必须进行严格的检查校核，因此，规定：“前一步测量工作未作检核不进行下一步测量工作”，这是实施测量工作的又一原则。因此，在实际测量工作中应贯穿有严密的检查校核方法，最后提交经过校核的正确成果。

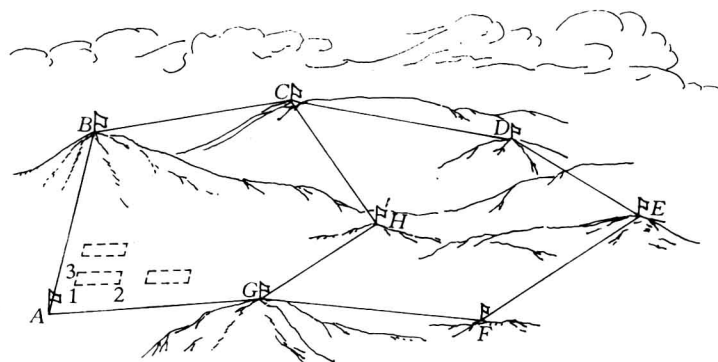


图 1-18

思考题与习题

1. 测量学的主要任务是什么？
2. 为什么说确定点位是测量的根本任务？
3. 何谓大地水准面？
4. 什么是测量中的基准线、基准面？它们在实际测量工作中是怎样应用的？
5. 测量工作中平面与高程的投影面是什么？为何不同？
6. 什么是绝对高程？什么是相对高程？如何求得高差？
7. 如何选定 6°带和 3°带的中央子午线？
8. 某点的经度为 $116^{\circ}28'$ ，试计算它在 6°带和 3°带中的带号和相应的中央子午线经度。
9. 测量的平面直角坐标与数学上直角坐标有什么不同？为什么？
10. 用平面代替水准面，对距离和高程有何影响？在多大的范围可以取代？
11. 确定地面点位要做哪些基本测量工作？