

房屋建筑技术自学、培训丛书

房屋建筑测量

邓德全 邹永廉 林则政编著

湖南科学技术出版社

房屋建筑技术自学、培训丛书

房屋建筑测量

邓德全 邹永康 林则政

责任编辑：陈增林

*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路8号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1986年12月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：8 字数：176,000

印数：1—14,200

统一书号：15204·184 定价：1.55元

征订期号：湖南新书目86—16(18)

房屋建筑技术自学、培训丛书

自学建筑技术的良师益友
广大建筑人员的技术向导
农村建筑队伍的培训课本
函授建筑专业的适当教材

出版说明

近年来，随着四化建设的进展，我国城乡的房屋建筑，无论从数量和规模来讲，都处于空前的发展之中。房屋建筑力量不断扩充，特别是乡镇建筑队伍，更在纷纷兴起，迅速成长和壮大。

为了提高技术业务水平，适应形势发展的需要，房屋建筑队伍的广大从业人员，迫切希望通过自学或进修等方式，较快地系统学习和掌握房屋建筑技术。许多房屋建筑单位，为了保证工程质量，提高竞争能力，也纷纷设法想使职工通过讲习班、培训班、函授班等形式，来提高职工的技术素质。这样，在全国就出现了一个大量需要适合于自学、培训及函授之用的房屋建筑技术书籍的问题。

为了满足这方面的需要，我们特意组织编辑出版这套《房屋建筑技术自学、培训丛书》。它们是一套较全面、系统的房屋建筑技术丛书，共计十四本，书名依次为：

- 《房屋建筑基础知识》
- 《房屋建筑制图》
- 《房屋建筑力学》
- 《房屋建筑材料》
- 《房屋建筑测量》
- 《房屋地基与基础》
- 《房屋建筑设计之一——建筑设计》
- 《房屋建筑设计之二——结构设计》
- 《房屋建筑设计之三——水、电、暖、通设计》
- 《房屋建筑预算造价》
- 《房屋建筑材料试验》
- 《房屋建筑机械》
- 《房屋建筑施工》
- 《房屋建筑施工管理》

由于全套丛书在编写过程中都注意了贯彻实用，深入浅出和尽量附图说明的原则，因此，它们适合于广大房屋建筑技术人员在工作中参考，特别适合于具有高中文化水平的中、初级建筑技术、业务人员自学，以及作为房屋建筑专业的短期培训或函授教材。

丛书各册主要由湖南大学土木系富有教学经验的一些副教授、讲师编写，有几分册则由建筑设计院和施工部

门富有实践经验的一些高级工程师编写。

本书为丛书的第五分册，系统地阐述了房屋建筑工程测量的基本理论、基本知识和基本技能。主要介绍测量仪器的构造、使用和检验校正方法，测高程、测角度、量距离和定方向等测量技术，测量误差，小地区控制测量，大比例尺地形图测绘及近代新的测量技术及其应用等。书中特别结合房屋建筑工程施工的需要，理论联系实际，较详细地介绍了民用房屋与工业建筑施工测量的原理和方法，并对城镇道路测量、管道测量和地下建筑工程测量作了扼要叙述。

本书由湖南大学邹永廉同志编写第一、二、三章；林则政同志编写第四、五、六章，并描绘全书插图；邓德全同志编写第七、八、九、十章及附录，并负责统编。

书中问题及不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

湖南科学技术出版社

第一章

绪 论

第一节 房屋建筑测量的任务

房屋建筑测量是一门测定地面点位的科学，它广泛用于房屋建筑的勘测、设计、施工和管理的各个阶段。随着服务的对象和施测的阶段不同，房屋建筑测量包括以下几项任务。

1.测图 测图就是在有限的区域范围内，不顾及地球曲率的影响，把曲面当作平面，按照一定的程序，将建筑地区的形状和大小、地面的起伏（地貌）和固定性的物体（地物），采用规定的符号和需要的比例，缩小绘制成建筑区域地形图，以供规划和设计之用。建筑物竣工之后，为了工程验收和房屋维修管理，还需要测绘竣工图。

此外，与房屋建筑有关的土地划分，用地边界和产界的测定，都需要测绘地物平面图。对于道路、管线和特殊构造物的设计，还需测绘带状地形图和表示某方向地面起伏的断面图。

2.用图 建筑物的设计方案，力求经济、合理、实用、美观。这就要求在设计中，充分地利用地形，合理地使用土地，正确地处理建筑物与环境之间的关系，使人工美与自然美结合、建筑形式与地形结合，从而构成协调统一的整体。因此，设计阶段贯穿着用图的全过程。此外，区域规划、城市改建、施工

管理和房屋扩建等，也都需要用图。

用图是利用成图的基本知识，如构图方式、投影方法、坐标轴系、分幅大小、以及地物地貌符号的性质等，在综合分析图幅内容的基础上，进行图上的量测和计算，获得与现场相当的测量数据，以解决设计施工过程中提出的问题。例如，利用有利的地形来选择建筑物的形式、位置和尺寸；在图上进行方案比较和估算，施工场地的平整和布置等等。

3.放图 所谓放图，就是根据建筑物、构筑物的设计图，如建筑物总平面图、建筑立面图和剖面图、基础大样图等，按照设计要求，通过测量的定位、放样、安装和检查，将建筑物的平面位置和高程桩定到地面上去，及时地为各个不同的施工阶段提供正确的设计位置，以指导施工。放图是测图的逆过程。测图是将地面的点位测定在图上，放图则是将图上的点位测定在地上，两者的测量过程相反。放图的测量工作，贯穿施工阶段的全过程。

此外，对于某些特殊要求的建筑物，为了监视在各种应力作用下它的安全性和稳定性，或检验它的设计理论和施工质量等，还需要进行变形观测。这种观测是在建筑物上设置若干观测点，按照测量的程序和观测周期，测定建筑物及其地基在建筑物荷重和外力作用下，随着时间产生的变形。变形观测包括沉降观测、位移观测和倾斜观测等。

房屋建筑测量是从属于工程测量的范畴。按照工程建设的对象不同，工程测量分为建筑、水利、公路、铁路、桥梁、隧道、矿山和城市建设测量等。这些测量、尽管从属于不同的专业，但它们都有着共同的测量任务：测图、用图和放图。

第二节 测量坐标系

1. 基准面 测量上确定地面点的空间位置，是采用在基准面上建立坐标系，通过对距离、角度、高差三个基本量（或称定位元素）的测量来实现的。测量工作是在地球表面上进行的。因此，选择作为测量数据处理、统一坐标计算的基准面，必须具备两个条件：这个面的形状和大小要尽可能地接近地球总的形体；要能用简单的几何形体和数学式表达。

地球总的形体可用两级近似概括来描述。一级近似概括为圆球，半径为6371km。二级近似概括为椭球，如图1—1所示。1979年第17届国际大地测量与地球物理联合会通过并推荐的地球椭球体元素值为：

长半轴 $a = 6378.137\text{km}$

短半轴 $b = 6356.752\text{km}$

$$\text{扁率 } \alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.257}$$

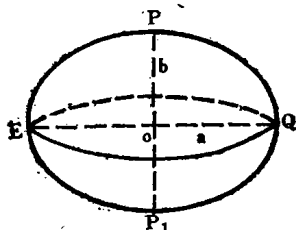


图1—1

地球表面被海水覆盖的面积约占3/4，高于海面的珠穆朗玛峰不超过9km、低于海面的马里亚纳海沟仅11km、这与地球的半径6371km相比，可以忽略不计。因此，地球总的形体可视为由海水面穿过陆地所包围着的球体。

自由平静的水面，称为水准面（重力等位面），水准面处处与铅垂线（重力作用的方向线）正交。水准面有着若干个，其中通过平均海洋面的，称为大地水准面。通过某地验潮站所确定的平均海水面，称为高程基准面，亦称高程起算面。

大地水准面包围的地球形体，称为大地体，它的形状非常

接近一个南北两极扁平、赤道隆起的椭球。由于地球外表起伏不平，内部质量分布不均引起的铅垂方向线变化，使得处处与铅垂线垂直的大地水准面，其形状是极不规则的。因此，测量上选用一个和大地水准面总形非常接近的，并能用数学公式表达的面作为基准面。这个基准面是一个以椭圆绕其短轴旋转的椭球面，称为参考椭球面，它包围的形体，称为参考椭圆体或称参考椭球。它的形状和大小，用元素 a 、 b 和 α 来描述(图1—1)。

测量工作就是以参考椭球面作为计算的基准面，并在这个面上建立大地坐标系，从而确定了地面点的位置。

2. 地理坐标 用经度 λ 、纬度 φ 来确定地面点位的球面坐标，称为地理坐标，如图1—2所示。

通过地面一点包含地球南北极的平面，称为该点的子午面。子午面与地球表面的交线，称为子午线，或称真子午线。通过地面某点的子午面 $PLKP_1O$ 与首子午面 PMP_1O （通过英国伦敦格林威治天文台的子午面）之间所组成的二面角 λ ，称为该点的经度。经度由首子午面向东向西各由 $0^\circ \sim 180^\circ$ 量度，在东的称为东经、以西的称为西经。

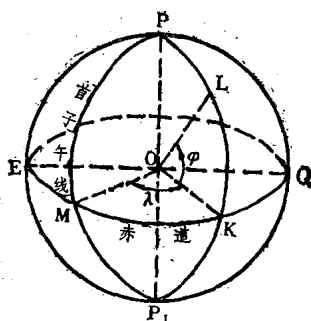


图1—2

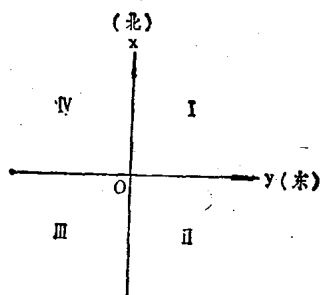


图1—3

过L点的铅垂线LO与赤道平面EMKQO之间的夹角 φ ，称为该点的纬度。纬度从赤道起算，向北向南各由 $0^\circ \sim 90^\circ$ ，以北的称为北纬，以南的称为南纬。例如，北京某点的地理坐标为：东经 $116^\circ 28'$ ，北纬 $39^\circ 54'$ 。地理坐标是通过天文测量等方法测定的。

3. 平面直角坐标 在有限区域的范围内，对于量距测角，可以把球面当作平面，用平面直角坐标来确定点位。

测量采用的平面直角坐标与数学上的基本相似，但坐标轴互换，象限的顺序相反，如图1—3所示。测量上通常确定直线的方向，是以纵轴北端为准，顺时针方向量度，恰与数学的相反。因此，为了利用三角公式进行坐标计算，采用了上述的坐标系。平面直角坐标的原点，有时是假定的。

4. 高斯——克吕格坐标 将球面上的点位转移到平面上时，需要按照地图投影的方法把地理坐标转化为平面直角坐标。我国采用高斯投影方法。高斯——克吕格坐标，就是建立在高斯投影面上的直角坐标系。它是一种球面坐标与平面坐标相联系的轴系。

为了控制由曲面正形投影到平面时引起的长度变形，高斯投影采用分带投影进行。通常是以 0° 子午线起算，每隔经差 6° 自西向东分带，称为 6° 带，共分60带。带号N依次编为1—60。位于各带边上的子午线，称为分带子午线；位于各带中央的子午线，称为中央子午线或轴子午线。中央子午线的经度 λ_0 可按下式计算：

$$\lambda_0 = 6N - 3 \quad (1-1)$$

投影时，分别将中央子午线与投影平面相切，按中央子午线投影为直线，且长度不变形，赤道投影为直线的条件进行投影。投影后，展开投影面，即高斯投影面，除中央子午线与赤

道的投影构成两条相互垂直的直线外，其余子午线均为对称于中央子午线的曲线，而且距离中央子午线愈远，变形愈大，如分带子午线的变形就大于其它子午线(图1—4)。为了控制变形

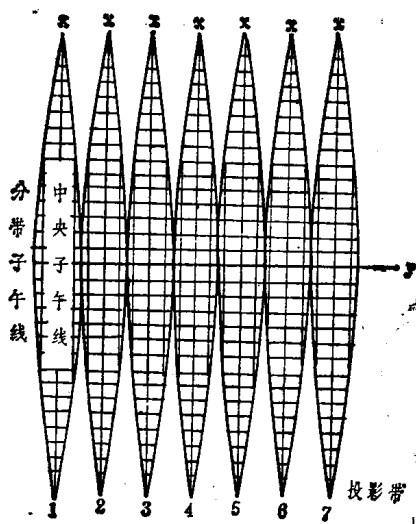


图1—4

也有按经差 3° 分带，称为 3° 带。在特殊情况下，高斯投影也采用宽带或窄带，按经差 9° 或 1.5° 分带。

采用分带投影后，取各带的中央子午线为 x 轴(纵轴)，赤道为 y 轴(横轴)，其交点为原点，从而建立起每个投影带独立的高斯——克吕格平面直角坐标系。这就可以把球面上的点位，按照高斯——克吕格投影公式将球面坐标转换为平面直角坐标点绘在平面上。

我国位于北半球，纵坐标均为正，横坐标则有正有负，中央子午线以东为正，以西为负。为了避免横坐标出现负值，规定将坐标纵轴西移500km作为起始轴，如图1—5所示，凡是带内的横坐标均加500km。为了区分不同带的坐标值，还规定在

横坐标值（称为自然值）之前加注投影带号（称为常用值）。这样，横坐标的常用值由“投影带号”、“500km”、“原横坐标值”三个部分组成。设A点位于30带，横坐标值 $y_a = -474148.90\text{m}$ 则它的自然值应为：

$$y'_A = 500000.00 - 474148.90 = 25851.10\text{m}$$

其常用值则为

$$y_A = 3025851.10\text{m}$$

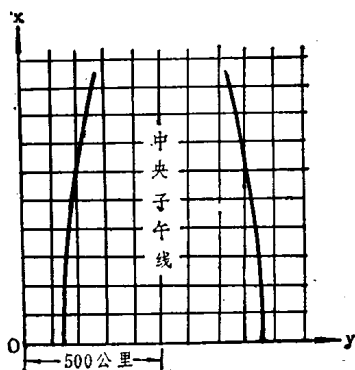


图1-5

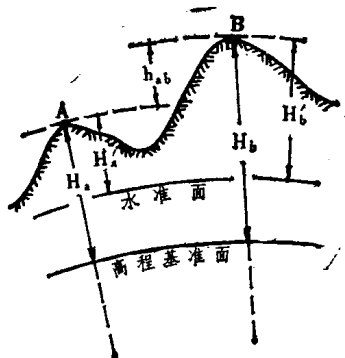


图1-6

5. 高程 地面点至高程基准面的铅垂距离，称为绝对高程，简称高程或海拔，以 H 表示，如图1-6所示。实践证明，在不同地点的验潮站所得的平均海水面之间存在着差异。我国规定采用青岛验潮站1956年统计确定的黄海平均海水面作为全国统一的高程基准面。根据该面建立的青岛水准原点所推算的高程系统，称为“1956年黄海高程系统”。在局部地区引用绝对高程有困难时，也可假定一个水准面作为高程的起算面。地面点至假定水准面的铅垂距离，称为相对高程或假定高程，用 H' 表示。

两点高程之差，称为高差，以 h 表示，即

$$h_{ab} = H_b - H_a = H'_b - H'_a$$

第三节 测量的定位元素

确定地面点位在投影面上的位置，无论采用那种坐标系，都将直接与三个测量定位元素：距离、角度、高差有关。

如图1—7所示，A、B、C为地面点在水平面上的投影位

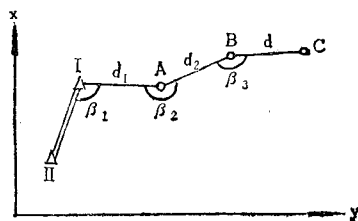


图1—7

置。欲确定这些点的位置需先测定它们相邻间的水平距离 D 、水平角 β 和高差 h ，然后根据已知点I、II的坐标、高程和线段I II'的方向，推算出A、B、C各点的坐标和高程，从而确定了它们的位置。

在测图过程中，为了测定地物、地貌特征点对已知点（测站点）的相对位置，以便根据已知点在图上已定的位置作图，通常采用测定角度和距离，按极坐标法、直角坐标法、角度交会法、距离交会法定其平面位置(图1—8)。然后，测定已知点至特征点的高差，再定其高程。

极坐标法 如图1—8a)，已知地面直线AB，定C点位置。作法：在B点以直线AB为起始方向线测出水平角 β ，并量出B点至C点的距离 d ，则C点即可确定。

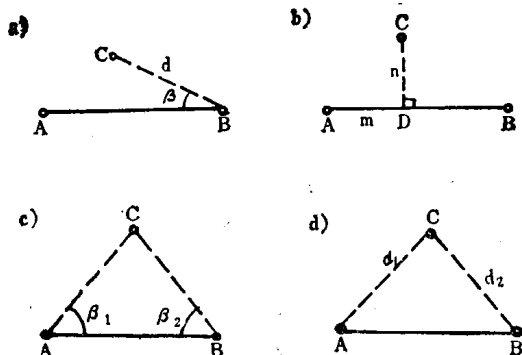


图1-8

直角坐标法 如图1-8b), 已知条件同上, 试定C点位置。
作法: 自C点引直线AB的垂线, 定出垂足D的位置。然后, 分别量出AD、DC的距离 m 和 n , C点的位置即可确定。

角度交会法 如图1-8c), 条件同上。作法: 分别在A和B点测出 β_1 和 β_2 , 则C点位置即可确定。

距离交会法 如图1-8d), 条件同上。作法: 自A和B点分别量出AC、BC的距离 d_1 和 d_2 , 两距离相交, 其交点C即可确定。

此外, 在建筑物的定位、放样、安装和检查的过程中, 也都要用到距离、角度、高差这三个定位元素。

第四节 用水平面代替水准面的限度

用水平面代替水准面, 只有在小的区域范围内, 地球曲率的影响不超过测量和制图的容许误差时, 才是被允许的。下面就地球曲率对三个定位元素的影响来研究区域的限度。

1. 地球曲率对距离的影响 如图1-9所示, 设A、B点在

水准面上的弧长为 D ，水平面上的距离为 D' ，两者之差 ΔD 就是平面代替曲面、曲率对距离的影响。将水准面近似地看成圆球面，半径 $R = 6371\text{km}$ 。由图可知：

$$\Delta D = D' - D = R \cdot \operatorname{tg} \alpha - R \cdot \alpha = R(\operatorname{tg} \alpha - \alpha)$$

将 $\operatorname{tg} \alpha$ 按幂级数展开，即 $\operatorname{tg} \alpha = \alpha + \frac{1}{3}\alpha^3 + \frac{2}{15}\alpha^5 + \dots$ ，只取前两项代入上式，则

$$\Delta D = R\left(\alpha + \frac{1}{3}\alpha^3 - \alpha\right) = R \cdot \frac{\alpha^3}{3}$$

按 $\alpha = \frac{D}{R}$ 代入

$$\Delta D = \frac{D^3}{3R^2} \quad \text{或} \quad \frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2}$$

(1-2)

$$\text{当 } D = 10\text{km} \quad \frac{\Delta D}{D} = \frac{1}{1220000}$$

$$D = 20\text{km} \quad \frac{\Delta D}{D} = \frac{1}{300000}$$

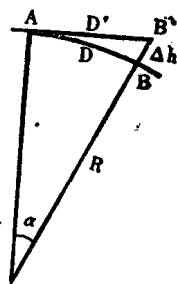


图1-9

由此表明，当距离为10km时，对距离的影响为其长度的 $1/1220000$ ，而最精密的距离丈量才为其长度的 $1/1000000$ 。由此可得出结论，半径在10km的范围内，用水平面代水准面，由曲率引起对距离的影响，可以忽略不计。实际上，对于一般的土建工程，测量半径在20km或更大一些范围，也是可以的。

2. 地球曲率对水平角的影响 由球面三角学知道，一个空间多边形，在球面上的投影和在平面上的投影比较，其内角之和要大一个球面角超 ε 的数值，其计算式如下

$$\varepsilon'' = \frac{P}{R^2} \rho'' \quad (1-3)$$

式中, P 为球面多边形的面积, R 为地球半径, $\rho = 206265''$ 为以秒计的弧度。

$$\text{当 } P = 10\text{km}^2 \quad \varepsilon = 0''.05$$

$$P = 100\text{km}^2 \quad \varepsilon = 0''.51$$

$$P = 400\text{km}^2 \quad \varepsilon = 2''.03$$

由上看出, 面积为 100km^2 的多边形, 曲率对水平角的影响, 只有在最精密的测量中才要考虑, 一般的测量可忽略不计。

3. 地球曲率对高差的影响 如图1—9所示, 在同一水准面上的两点 A 、 B , 其高差应为零。但是, 当 B 点投影到过 A 点的水平面上的 B' 时, A 、 B' 两点的高差 Δh 实际上不为零, 而为 $\Delta h = B'B$ 。这就是用水平面代水准面所引起对高差的影响。即

$$\Delta h = OB' - OB = R \cdot \sec\alpha - R = R(\sec\alpha - 1)$$

将 $\sec\alpha$ 按幂级数展开, 即 $\sec\alpha = 1 + \frac{1}{2}\alpha^2 + \frac{5}{24}\alpha^4 + \dots$, 只取前两项, 并以 $\alpha = D/R$ 一同代入上式, 则

$$\Delta h = R\left(1 + \frac{1}{2}\alpha^2 - 1\right) = \frac{D^2}{2R} \quad (1-4)$$

$$\text{当 } D = 1\text{km} \quad \Delta h = 8\text{cm}$$

$$D = 10\text{km} \quad \Delta h = 780\text{cm}$$

由此表明, 距离在 1km 时, 曲率能对高差引起 8cm 的影响, 这是高程测量所不能容许的。因此, 地球曲率对高差的影响, 即是在较短的距离内, 也必须加以考虑。

综上述, 在面积为 100km^2 的范围内, 进行距离和水平角的测量, 可以不顾及地球曲率的影响。在精度要求较低的情况下, 这个范围还可以适当扩大。

第五节 测量常用的计量单位

测量工作中，常用的计量单位有长度、面积和角度三种。

1. 长度单位

国际通用的长度单位为m(米)，我国规定采用米制。

$$1\text{m(米)} = 10\text{dm(分米)} = 100\text{cm(厘米)} = 1000\text{mm(毫米)}$$

$$1000\text{m(米)} = 1\text{km(公里)}$$

2. 面积单位

面积的单位是 m^2 (平方米)。大面积用 km^2 (平方公里)

3. 角度单位

测量上所用到的角度单位有60进位制的度、100进位制的新度、弧度三种。

60进位制的度：

$$1\text{周角} = 360^\circ(\text{度})$$

$$1^\circ(\text{度}) = 60'(\text{分})$$

$$1'(\text{分}) = 60''(\text{秒})$$

100进位制的新度：

$$1\text{周角} = 400\text{g(新度)}$$

$$1\text{g(新度)} = 100\text{c(新分)}$$

$$1\text{c(新分)} = 100\text{cc(新秒)}$$

角度按弧度计算等于弧长与半径之比。与半径相等的一段弧长所对的圆心角作为度量角度的单位，称为一弧度，用 ρ 表示。

按度分秒表示的弧度：

$$1\text{周角} = 2\pi\rho(\text{弧度}) = 360^\circ(\text{度})$$

$$\rho^\circ = \frac{360^\circ}{2\pi} \doteq 57.3(\text{度})$$