



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

建筑施工测量

凌支援 主编



高等教育出版社
Higher Education Press



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

全书分为6个单元,主要包括建筑施工测量的基本知识,水准仪、钢尺、经纬仪、全站仪和GPS等仪器设备的操作和使用等。本书按照国家最新的测量规范编写。

本书按照技能型人才培养的特点,以岗位核心职业能力构建教材体系,打破了传统的按学科体系编写教材的模式,采用教学单元模式编写。每个项目中有具体的学习目标、能力标准及要求,以及应知部分、实训练习等。

本书可作为高等职业学校建筑工程技术专业及相关专业的教材,也可作为成人教育以及相关职业岗位培训教材。

主编 张玉海
副主编 胡晓琪

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工测量/凌支援主编. —北京:高等教育出版社, 2009.9

ISBN 978-7-04-027443-1

I. 建… II. 凌… III. 建筑测量-高等学校: 技术学校-教材 IV. TU198

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第130937号

策划编辑 张骁军 责任编辑 张玉海 封面设计 张志奇 责任绘图 尹莉
版式设计 范晓红 责任校对 胡晓琪 责任印制 尤静

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总机 010-58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司
印刷 北京铭成印刷有限公司

开本 787×1092 1/16
印张 16.5
字数 400 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版次 2009年9月第1版
印次 2009年9月第1次印刷
定价 21.40元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 27443-00

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

1887711

前 言

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。是根据教育部、建设部联合制定的高等职业学校建筑工程技术专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案编写的，内容上注意体现概念准确、方法简单、注重实用的特点，基本理论以必需、够用为度，着重介绍土建生产一线正在使用的国家标准规定的最新技术。

本书突出了技能型紧缺人才培养的特点，符合技能型紧缺人才培养的目标，充分体现了教学改革的思想。本书按照建筑工程技术专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案的要求，以岗位职业能力培训为基础构建教材体系。教材编写打破学科理论体系，构建职业核心能力型的课程体系。教材以项目为教学组织单元进行单元能力训练的落实，每个项目均有详细的教学设计，包括学习目标、能力标准及要求、应知部分、实训练习等。

本书由凌支援统稿和定稿并担任主编，杨晓平任副主编，具体分工为：湖南工业大学凌支援编写绪论、单元一、单元二，广东建设职业技术学院李干新编写单元三、单元六，黄冈职业技术学院张孝忠编写单元四，湖北城市建设职业技术学院杨晓平编写单元五。

本书由河南省平顶山工学院李生平教授审阅。编者衷心感谢李生平教授严谨、细致、认真的审稿工作。

本书在编写过程中，得到了编者所在单位、高等教育出版社的鼓励和支持；广东南方测绘长沙分公司提供了测量仪器相关资料；编写中还参阅了许多院校的优秀教材。在此，一并表示由衷的感谢。

由于编者水平有限，书中可能存在某些不妥、缺点甚至谬误，敬请广大读者及同行不吝赐教。

编者

2009年3月

II 目录

4. 水准测量实训及操作步骤	62	3. 实训三 05 线的测量	95
5. 思考题	63	4. 实训四 纵、横断面图的测量	96
项目二 水准路线的测量	64	5. 实训五 坡度测量	97
一、应知部分	64	6. 实训六 沉降观测	99
1. 水准点与水准路线	64	单元三 距离丈量	101
2. 水准测量施测方法与记录	68	项目 钢尺量距	101
3. 水准测量的误差与注意事项	70	一、应知部分	101
4. 水准测量成果的计算	72	1. 钢尺和量距时需用的工具	101
二、实训练习	75	2. 直线定线	103
1. 目的	75	3. 钢尺量距的一般方法和注意事项	104
2. 要求	75	4. 精密量距	106
3. 仪器与工具	75	二、实训练习	108
4. 实测内容及步骤	75	1. 工具准备	108
5. 记录与计算表格	76	2. 往返丈量 A、B 两点之间的水平 距离	109
6. 思考题	78	3. 成果计算	109
项目三 水准仪的检校	78	4. 思考题	109
一、应知部分	78	单元四 经纬仪	111
1. 水准仪轴线及相互之间的几何 关系	78	项目一 经纬仪的操作	111
2. 水准仪的检验与校正	79	一、应知部分	111
二、实训练习	81	1. 水平角度测量原理	111
1. 目的	81	2. 竖直角度的测量	112
2. 要求	81	3. 经纬仪的类型与构造	113
3. 实训内容及步骤	81	4. 经纬仪的操作步骤	116
4. 思考题	82	5. 经纬仪的水平角度测量	121
项目四 水准仪在施工测量中的 应用	82	二、实训练习	125
一、应知部分	82	1. 目的	125
1. 建筑标高与绝对高程的关系	83	2. 要求	125
2. 施工场地水准点位置的确定 与高程测量	83	3. 仪器及工具	125
3. ± 0.000 的测设	86	4. 水平角度测量操作步骤	125
4. 建筑施工中的标高测量	87	5. 角度测量实训	127
5. 坡度的测设	88	6. 经纬仪角度测量应注意的问题	129
6. 沉降观测	89	7. 思考题	129
二、实训练习	92	项目二 经纬仪的检校	130
1. 实训一 ± 0.000 的测量	92	一、应知部分	130
2. 实训二 基坑的测量	94	1. 经纬仪的轴线及轴线间应满足的 几何条件	131
		2. 经纬仪的检验与校正	131

二、实训练习	136	仪器的安置和基本设置方法练习	190
1. 仪器及工具	136	2. 技能训练二 用全站仪进行地面点的测定	191
2. 经纬仪检验的步骤	136	3. 技能训练三 用全站仪进行坐标放样测量	193
3. 思考题	136	4. 技能训练四 后方交会法	194
项目三 经纬仪在施工测量中的运用	137	5. 技能训练五 线路工程的测量	195
一、应知部分	137	项目二 建筑施工控制网测量	197
1. 水平角度的测设	137	一、应知部分	198
2. 建筑轴线投测	138	1. 工业与民用建筑工程设计对地形图的要求	198
3. 倾斜观测	140	2. 工程施工阶段放样的程序和相应要求	198
4. 吊装测量	141	3. 施工控制网的精度要求及确定方法	199
二、实训练习	144	4. 施工控制网的布设	201
1. 仪器及工具	144	二、实训练习	207
2. 水平角度的一般测设步骤	144	1. 目的和要求	207
3. 建筑轴线投测(方法)步骤	145	2. 计划与设备	207
4. 倾斜观测(方法)步骤	145	3. 方法与步骤	207
5. 柱吊装测量步骤	146	4. 注意事项	208
6. 思考题	146	5. 思考题与练习题	208
项目四 民用建筑定位放线	146	项目三 工业建筑定位放线	208
一、应知部分	147	一、应知部分	208
1. 建筑施工平面图的阅读	148	1. 建筑施工图纸的识读方法	209
2. 测量放样数据的确定	149	2. 工程施工中常用的放样方法	211
3. 经纬仪、钢尺实施放样及注意事项	152	3. 厂房矩形控制网放样方案制定及测设数据的计算	213
二、实训练习	153	4. 厂房控制网的测设	213
1. 仪器及工具	153	5. 厂房外轮廓轴线及柱列轴线的测设	215
2. 依建筑基线放样操作	153	6. 混凝土杯形基础施工测量	215
3. 测量平面控制点放样操作	154	二、实训练习	217
4. 思考题	155	1. 目的和要求	217
单元五 全站仪	156	2. 计划与设备	217
项目一 全站仪的操作	156	3. 方法与步骤	217
一、应知部分	156	4. 注意事项	218
1. 全站仪的基本结构	157	5. 思考题与练习题	218
2. 全站仪的初始设置	166	项目四 竣工测量	219
3. 全站仪的使用与操作	174		
4. 全站仪使用须知	190		
二、实训练习	190		
1. 技能训练一 全站仪的认识、			

IV 目录

一、应知部分	219	5. 思考题与练习题	235
1. 全站仪碎部点测量方法	220	单元六 GPS	237
2. 竣工总平面图测绘的内容	221	项目一 GPS 测量系统的施测	237
3. 施测竣工图的要求	222	一、应知部分	237
4. 竣工总平面图的编绘方法	222	1. GPS	237
5. 竣工总平面图的附件	223	2. GPS 的测量实施	241
二、实训练习	224	3. GPS RTK 技术简介	245
1. 目的和要求	224	二、实训练习	246
2. 计划与设备	224	1. 仪器及工具	246
3. 方法与步骤	224	2. 选点	246
4. 注意事项	224	3. GPS 的安置及仪器启动、数据的采集	247
5. 思考题与练习题	225	4. 思考题	249
项目五 图根控制测量	225	项目二 GPS 内业操作	249
一、应知部分	225	一、应知部分	249
1. 图根导线的作用及布设形式	226	1. GPS 数据传输软件简介和界面	250
2. 图根导线测量的外业	227	2. GPS 与计算机的连接	250
3. 坐标方位角及其推算	229	3. 下载数据	251
4. 图根导线的内业计算	230	二、实训练习	252
5. 查找导线测量错误的方法	234	1. 计算机上机操作注意事项	252
二、实训练习	234	2. GPS 与计算机连接下载数据及参数设置	252
1. 目的和要求	234	3. 思考题	253
2. 计划与设备	234	参考文献	254
3. 方法与步骤	234		
4. 注意事项	235		

与工具帮助解决建筑工程在勘测、设计、施工管理、建筑施工过程中的实际问题。

本书主要介绍测量相关的基本理论,着重介绍测量仪器的使用和施工测量的方法,通过单元中测量实训操作,完成观测成果数据的记录、整理与计算,掌握测量的基本理论和施工测量的方法,达到具有正确操作测量仪器完成一般建筑施工测量的能力。

2. 地面点位的确定

测量工作是在地球表面进行的,而人们生活的地球上有海洋、河流、湖泊、平地、山川,人工建造的建筑、道路、桥梁,还有绿色的植被等,这些都是大家熟悉的。将外形复杂多样的地球表面分为地物和地貌两大类。地物是指地表面上的自然物和人工建筑物,如河流、道路、房屋等。地貌是指地表面的起伏变化,如盆地、山丘等。尽管地物地貌复杂多样,但都可以用地面点来描述,如图 0-1a 所示,矩形平面的建筑物可以取四个角点来描述,若确定了 1、…、4 点中的每一个点的 x 、 y 坐标值,该建筑物的平面位置也就确定了;如图 0-1b 所示,蜿蜒的河流同样可以取若干个点来描述,若能确定 5、…、17 点中的每一个点的 x 、 y 坐标值,该段河流的平面位置也就确定了。利用测量仪器测绘出地物、地貌特征点的高程与平面数据,并将其成果整理绘制成图,这一过程称为地形测图。

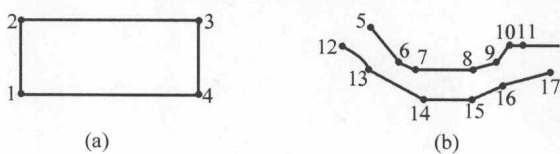


图 0-1 地物特征点

由此可见,测量工作的基本任务就是确定地面点的位置,无论是测绘地形图还是进行工程施工放样,都可以认为是确定地面点位置的问题。但是它们的任务性质不同,一个是通过测量得到地面点位置的数据,如:通过丈量地面 A 、 B 两点得出距离为 50 m 的结果,这一过程称为测定;另一个是通过施工图上的已知数据,确定地面点的位置,如: A 、 B 两点距离为 50 m,若 A 点在直线上的位置已知,从 A 点沿直线方向丈量 50 m,就可以确定 B 点位置,这一过程称为测设。故此,施工测量的任务也可以说就是测定与测设的工作。

如何确定地面点的高程?如何确定地面点的平面位置、它的空间坐标如何确定?以什么作为基准?就是下面要讨论的问题。

(1) 地球的形状与大小

在大地测量学中,为了便于研究和计算,将地球模拟为一个旋转椭球体,即地球椭球体为一椭圆 $NESW$ 绕其短轴 NS 旋转而形成的形体,如图 0-2 所示。其中椭圆长半轴为 a ,短半轴为 b 及扁率为 α 。

我国于 20 世纪 80 年代初建立了 1980 年国家大地坐标系,这个坐标系的大地原点建在陕西省泾阳县永乐镇。在这个坐标系的建立中,采用了 IUGG (国际大地测量学与地球物理学联合会) 1975 年推荐的椭圆参数,分别为

$$a = 6\,378\,140\text{ m}$$

$$b = 6\,356\,755.3\text{ m}$$

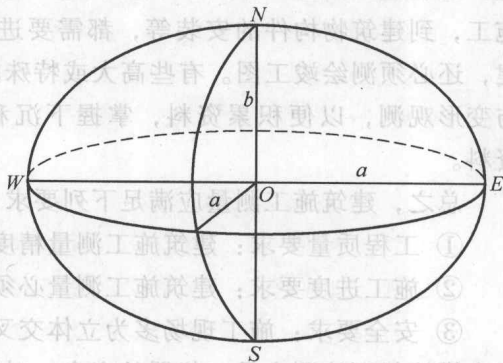


图 0-2 参考椭球体

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

由于参考椭球体扁率很小,在测量精度要求不高或当测区面积不大时,可以把地球当作圆球体,其平均半径 R 为

$$R = \frac{a+a+b}{3} \approx 6\,371\text{ km}$$

(2) 确定地面点位的方法

在地球表面上自由静止的水面,称为水准面。与水准面相切的平面称为水平面,水准面的特点是面上任一点的铅垂线(重力方向)都垂直于该面。水准面是一个连续的曲面,因其高度的不同而有无穷多个,为了统一标准,一般以大地水准面为基准。因为地球自然表面大部分是海洋,面积约占地球的 71%,陆地仅占 29%,可以认为地球是一个被水包围的“水球”。若设想将自由静止的海水面向整个陆地延伸,用所形成的封闭曲面代替地球表面,这个曲面称为大地水准面。大地水准面、水平面和铅垂线是测量的基准面和基准线。

构成物体的基本要素是点,因此,测量的最基本工作就是确定地面点的位置。确定空间点的位置需要三个量来确定,在数学直角坐标系中是 (x, y, z) ,在测量学中,把它分为两组:一组是 z 代表高程 H ,即地面点与水准面之间的铅垂距离;一组是 (x, y) 代表地面点投影到大地水准面上的位置。

1) 地面点的高程

地面点至大地水准面的铅垂线距离,称为绝对高程,用 H 表示。地面点至假定水准面的铅垂线距离,称为相对高程,用 H' 表示。我国的高程是以山东青岛验潮站历年记录的黄海平均海水面为基准,并在青岛观象山建立了国家水准原点,其高程为 72.260 m (1953—1979 年),称为 1985 年国家高程基准(简称 85 高程,85 高程与原 56 黄海高程 72.289 m 相差 -0.029 m)。由此建立的国家高程控制网是确定地貌、地物海拔高程的坐标系统,按控制等级和施测精度分为一、二、三、四等网。目前提供使用的 1985 国家高程系统共有水准点成果 114 041 个,水准路线长度为 416 619.1 km。

如图 0-3 所示, H_A 为地面 A 点绝对高程, H_B 为地面 B 点绝对高程; H'_A 为地面 A 点相对高程, H'_B 为地面 B 点相对高程;两个地面点之间的高程之差称为高差,用 h 表示。

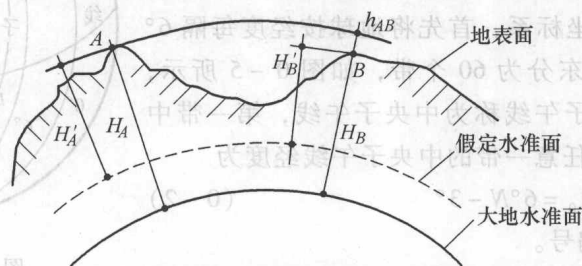


图 0-3 地面点的高程与高差

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (0-1)$$

由(0-1)公式可看出,高差的大小与高程的起算面无关。但高差计算结果却有正负符号,从图 0-3 可看出 A 点的高程 H_A 大于 B 点的高程 H_B ,高差计算结果为负数,说明 B 点比 A

点低。

2) 地面点平面位置的确定

地面点平面位置, 可以用地理坐标或平面坐标来表示。

① 地理坐标

为了精确表示各地面点在地球上的位置, 人们给地球表面假设了一个坐标系, 以经、纬度线来表示。1884 年在美国华盛顿召开的国际经度会议把经过格林尼治的经线正式确定为 0° 经线, 纬度则以赤道为 0 点, 分别向南、北半球推算。

地理坐标是用经度、纬度来表达地面点的平面位置。如图 0-4 所示, 地轴为 NS (N 为地球北极, S 为地球南极); 赤道是过地球核心 O 与地轴垂直的平面与地球体表面的闭合交线; 首子午面是经过格林尼治天文台, 包含 NS 在内的平面, 而首子午线是首子午面与地球体表面的交线; 现有地球表面的点 M , 经过 M 与 NS 的子午面和赤道的交点 G 以及首子午线和赤道的交点 Q , 经度为 $\angle GOQ$, 用 λ 表示, 经度从首子午线向东 $0^\circ \sim 180^\circ$ 为东经, 经度从首子午线向西 $0^\circ \sim 180^\circ$ 为西经。纬度为 $\angle GOM$, 用 φ 表示, 由赤道向北 $0^\circ \sim 90^\circ$ 为北纬; 由赤道向南 $0^\circ \sim 90^\circ$ 为南纬。

地球表面上任一点都有相对应的地理坐标。如北京的地理坐标为: 东经 $116^\circ 28'$, 北纬 $39^\circ 54'$ 。

地理坐标常用于中、小比例尺地图绘制中。

② 高斯平面直角坐标

因为地理坐标采用的是经度和纬度, 表达地面点在地球上的位置十分方便, 而工程建设的规划、设计、施工采用的是平面数据, 所以地理坐标直接用于工程建设的规划、设计、施工则很不方便, 需将地球表面上的地理坐标按一定的数学法则归算到平面上, 即采用地图的投影理论绘制地形图, 才能方便的应用于工程中。

地球是一个球体, 球表面不可能直接展开成一个平面。为了建立高斯平面直角坐标系, 首先将地球按经度每隔 6° 从首子午线开始自西向东分为 60 个带, 如图 0-5 所示, 位于每一带中间位置的子午线称为中央子午线, 第一带中央子午线的经度为 3° , 任意一带的中央子午线经度为

$$\lambda_0 = 6^\circ N - 3^\circ \quad (0-2)$$

式中, N ——投影带的编号。

例: 已知某点在东经 73° 子午线上, 按 6° 带投影求该点所在投影带号和中央子午线经度。

解: $N = 73^\circ \div 6^\circ = 12.17$, 计算结果 12.17 超出了 12 带, 故在 13 投影带。

其中央子午线经度为: $\lambda_0 = 6^\circ N - 3^\circ = 6^\circ \times 13 - 3^\circ = 75^\circ$ 。

建立投影模型: 如图 0-6 所示, 光源是位于地球核心 O 处的点光源; 投影对象是某一 6°

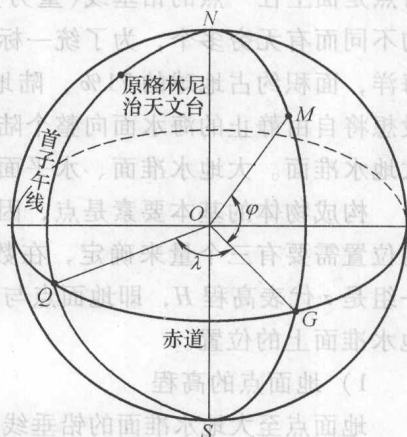


图 0-4 地理坐标

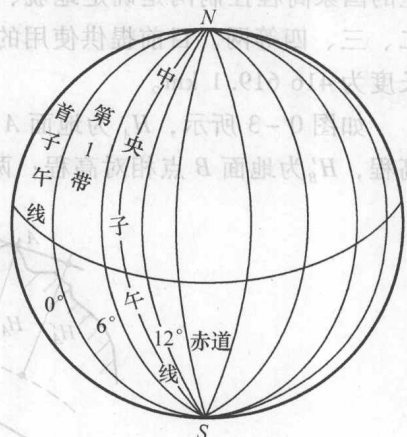


图 0-5 地球分带

带地球表面；承影面是直径为 NS 与该 6° 带中央子午线相切的（前或后）半圆柱面 $KLL'K'$ 。投影后将承影面展平，如图 0-7 所示，即成为高斯投影平面。在此平面上，中央子午线是直线，其长度不变形，离开中央子午线的其他子午线是弧形，凹向中央子午线。投影后的赤道是一条直线，赤道与中央子午线保持正交；离开赤道的纬线是弧形，凸向赤道。

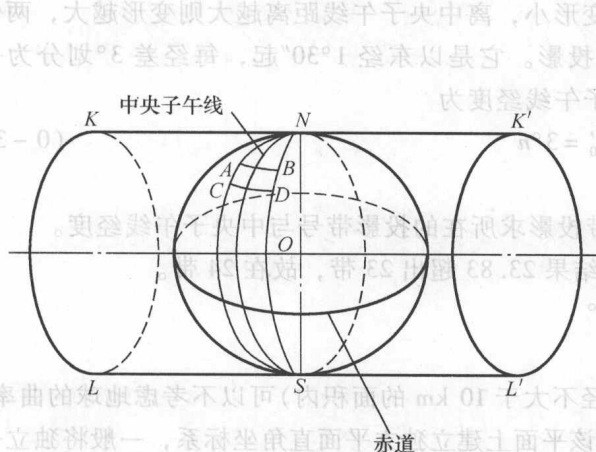


图 0-6 高斯投影原理

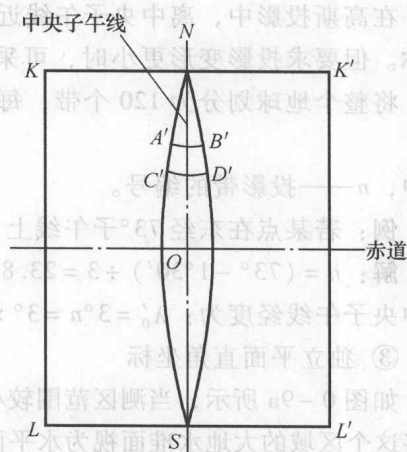


图 0-7 投影带的展开

如图 0-8a 所示，取 6° 投影带的中央子午线为坐标纵轴 x ，取赤道为坐标横轴 y ，两轴的交点为坐标原点，组成高斯平面直角坐标系。坐标系内，规定 x 轴向北为正， y 轴向东为正，坐标象限（I、II、III、IV）顺时针编号，以保证三角公式在数学坐标与测量坐标计算中的一致。

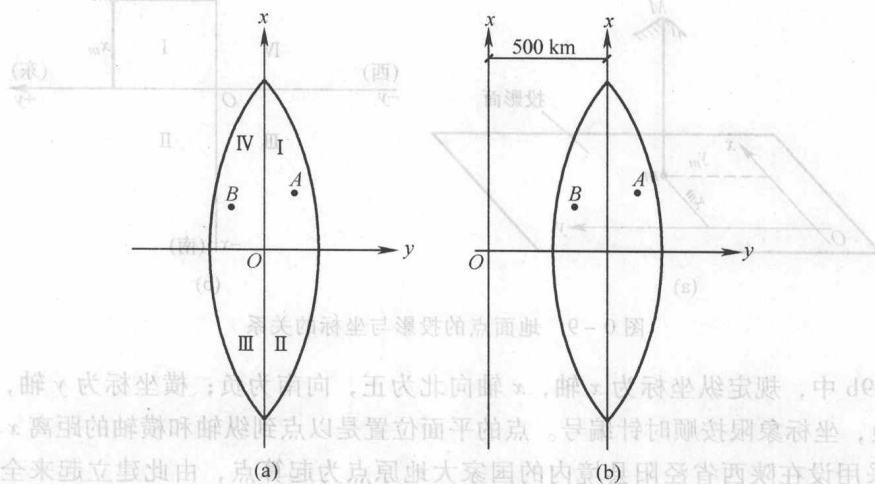


图 0-8 测量平面坐标的构成

我国处于地球的北半球，国内所有点的 x 坐标值均为正数，如图 0-8a 中， B 点的位置在中央子午线的左边， y 坐标值为负 ($y_B = -152\,500\text{ m}$)； A 点则在中央子午线右边， y 坐标为正 ($y_A = +154\,500\text{ m}$)。为了避免出现 y 坐标负值，如图 0-8b 中，将坐标原点和纵轴 x 向西平移 500 km ，这时 A 、 B 点的 y 坐标值： $y_A = 500\,000\text{ m} + 154\,500\text{ m} = 654\,500\text{ m}$ ， $y_B = 500\,000\text{ m} - 152\,500\text{ m} = 347\,500\text{ m}$ 。由此可知： y 坐标 $> 500\,000\text{ m}$ 表示点在中央子午线的右边，

$< 500\,000\text{ m}$ 则在左边。为了区别不同 N 带的点的高斯平面直角坐标, 规定在高斯平面直角坐标 y 值前添加两位数用来表明该点属于第 N 带上的点。

如: A 、 B 点在 18 投影带, 则 $y_A = 18\,654\,500\text{ m}$, $y_B = 18\,347\,500\text{ m}$ 。

在高斯投影中, 离中央子午线近的部分变形小, 离中央子午线距离越大则变形越大, 两侧对称。但要求投影变形更小时, 可采用 3° 带投影。它是以东经 $1^\circ 30'$ 起, 每经差 3° 划分为一带, 将整个地球划分为 120 个带, 每带中央子午线经度为

$$\lambda'_0 = 3^\circ n \quad (0-3)$$

式中, n ——投影带的编号。

例: 若某点在东经 73° 子午线上, 按 3° 带投影求所在的投影带号与中央子午线经度。

解: $n = (73^\circ - 1^\circ 30') \div 3 = 23.83$, 计算结果 23.83 超出 23 带, 故在 24 带。

其中央子午线经度为: $\lambda'_0 = 3^\circ n = 3^\circ \times 24 = 72^\circ$

③ 独立平面直角坐标

如图 0-9a 所示, 当测区范围较小时(半径不大于 10 km 的面积内)可以不考虑地球的曲率, 而将这个区域的大地水准面视为水平面, 并在该平面上建立独立平面直角坐标系, 一般将独立平面直角坐标系的原点选在测区西南方向之外, 以使测区内任意点的坐标均为正值。坐标原点的坐标值可以通过国家大地测量控制点引测确定, 也可以假定坐标值。该区域的地面点 M 在大地水准面上的投影为 m , m 的位置用该平面直角坐标系中的坐标值 y_m 、 x_m 来确定(图 0-9b)。

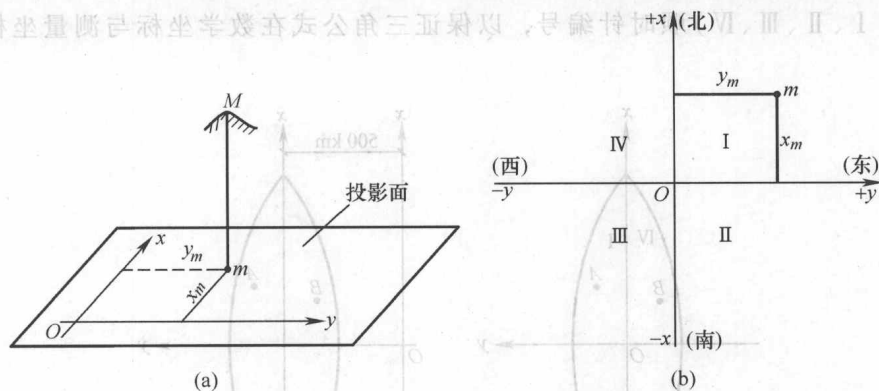


图 0-9 地面点的投影与坐标的关系

如图 0-9b 中, 规定纵坐标为 x 轴, x 轴向北为正, 向南为负; 横坐标为 y 轴, y 轴向东为正, 向西为负, 坐标象限按顺时针编号。点的平面位置是以点到纵轴和横轴的距离 x 、 y 确定。

我国现采用设在陕西省泾阳县境内的国家大地原点为起算点, 由此建立起来全国统一的坐标系, 称为“1980 年国家大地坐标系”。国家平面控制网是确定地貌、地物平面位置的坐标体系, 按控制等级和施测精度分为一、二、三、四等网。目前提供使用的国家平面控制网含三角点、导线点共 154 348 个, 构成 1954 北京坐标系、1980 西安坐标系两套系统。

3) 用水平面代替水准面的限度

用水平面代替水准面, 适合的范围究竟有多大? 设大地水准面为一个圆球面(图 0-10), 以此进行讨论。

① 对水平距离的影响

由图 0-10 可知,地面 A、B 两点对大地水准面上的投影分别为 a、b。过 a 点作水平面, B 点对水平面上的投影为 b', A 点对水平面上的投影仍为 a。设大地水准面上 ab 的弧长为 D, 地球面半径为 R, D 所对的圆心角为 θ , 有: $D = R\theta$; 水平面上 ab' 的长度为 D', 有: $D' = R \tan \theta$ 。用水平长度 D' 替代 D 产生的误差为

$$\Delta D = D' - D = R \tan \theta - R\theta = R(\tan \theta - \theta) \quad (0-4)$$

将 $\tan \theta$ 用级数展开为

$$\tan \theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \frac{5}{12}\theta^5 + \dots$$

因 θ 角很小, 故只取前两项代入式(0-4)得

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

将 $\theta = \frac{D}{R}$ 代入上式, 得

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

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2} \quad (0-5)$$

取地球球半径 $R = 6\,371\text{ km}$, 再以不同的 D 值代入式(0-5), 得到表 0-1 所列结果, 从中可看出: 当 $D = 10\text{ km}$ 时, 用水平面替代大地水准面所产生的距离误差为 1: 1 220 000, 这样小的误差, 完全满足测量精度要求, 故在半径为 10 km 的面积范围内进行测量时, 可以不考虑地球曲率影响, 直接用水平面替代大地水准面。

表 0-1

D/km	$\Delta D/\text{mm}$	$\Delta D/D$	D/km	$\Delta D/\text{mm}$	$\Delta D/D$
5	1	1: 4 870 000	20	66	1: 304 000
10	8	1: 1 220 000	50	1 027	1: 48 700

② 对高程的影响

如图 0-10 中, 地面点 B 的绝对高程 $H_B = Bb$, 若用水平面替代大地水准面, 则 B 点的高程 $H'_B = Bb'$, $\Delta h = H_B - H'_B$ 为对高程的影响值, 有

$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + D'^2$$

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

因 D 与 D' 相差很小, 可用 D 代替 D', 同时分母中的 Δh 与 2R 相比可忽略不计, 故有

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (0-6)$$

用不同的距离 D 代入式(0-6), 得到表 0-2 所列结果。从表 0-2 可以看出, 用水平面

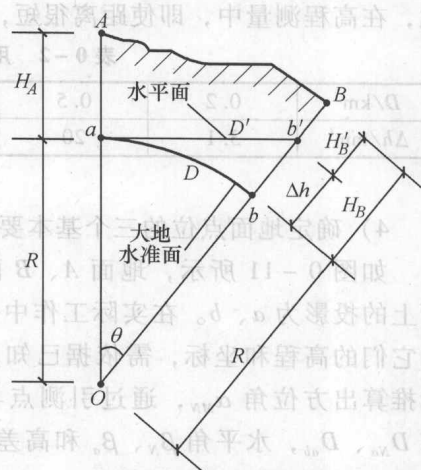


图 0-10 用水平面代替水准面的限度

代替水准面, 对高程的影响十分大, 如: 200 m 就有 3.1 mm 的高程误差, 这是不允许的。因此, 在高程测量中, 即使距离很短, 也应顾及地球曲率对高程的影响。

表 0-2 用水平面替代大地水准面对高程的影响

D/km	0.2	0.5	1	2	3	4	5
$\Delta h/\text{mm}$	3.1	20	78.5	313.9	706.3	1 255.7	1 962

4) 确定地面点位的三个基本要素

如图 0-11 所示, 地面 A 、 B 两点, 在水平面上的投影为 a 、 b 。在实际工作中, 不能直接测出它们的高程和坐标, 需依据已知点 M 、 N 的坐标推算出方位角 α_{MN} , 通过引测点与点之间的距离 D_{Na} 、 D_{ab} , 水平角 β_N 、 β_a 和高差 h_{Na} 、 h_{ab} , 再依据 N 的高程和坐标推算出 a 、 b 点的高程和坐标, 进而就确定了地面 A 、 B 两点的位置。

从上可知, 地面点的位置关系是以距离、水平角和高程来确定。所以, 高程测量、水平角测量、距离测量属于测量学的基本内容。距离、水平角和高程是确定地面点位的三个基本要素。

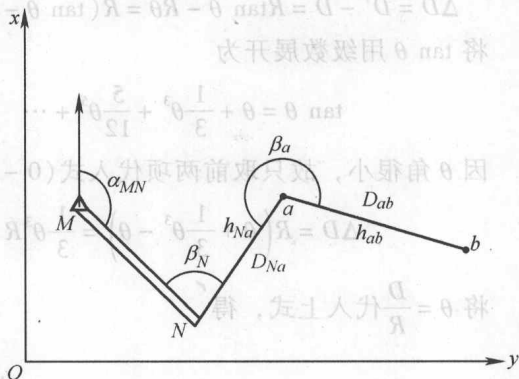


图 0-11 确定地面点位的三要素

3. 建筑施工测量常用的测量仪器

建筑施工测量常用的测量仪器有垂球、水准仪、经纬仪、全站仪、激光扫平仪、钢尺、罗盘仪、垂准仪、GPS 接收机等。如图 0-12 所示为部分测量仪器。



DS3 微倾式水准仪



DSZ2 自动安平水准仪



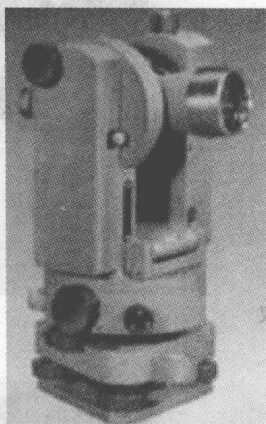
DSZ2+FS1 光学水准仪



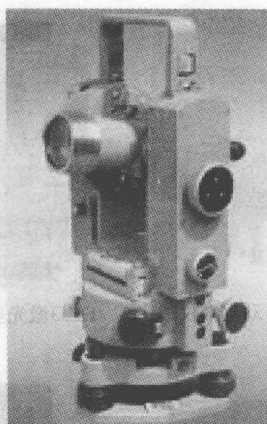
ZDL 700 数字水准仪



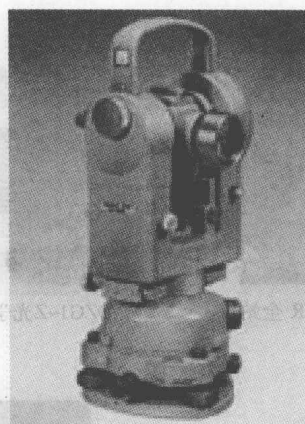
DiNi12 数字水准仪



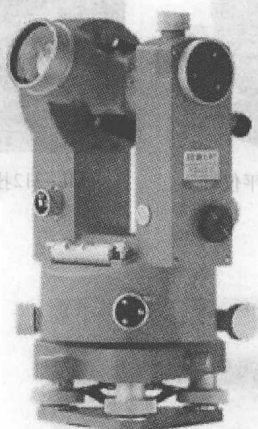
J2-1经纬仪



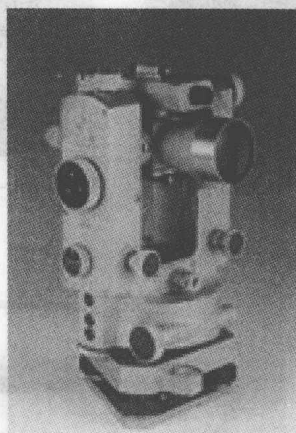
J2-2经纬仪



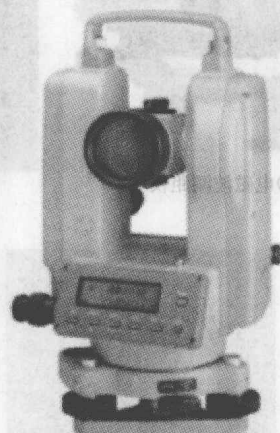
T2精密光学经纬仪



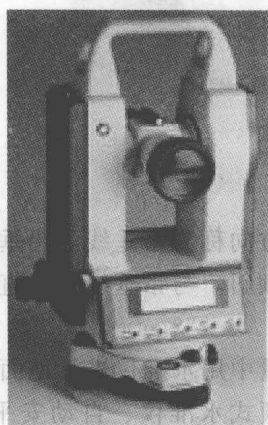
光学经纬仪



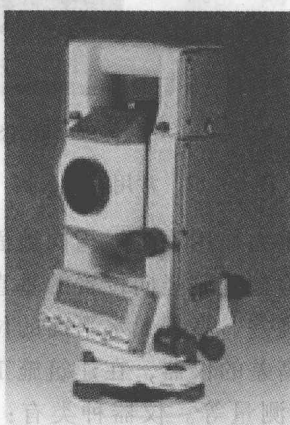
J2-JDA激光经纬仪



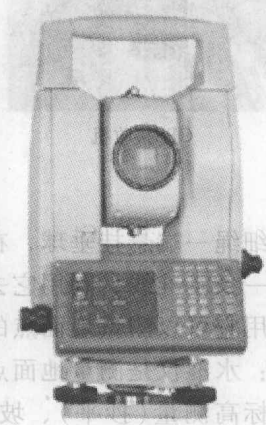
DT02电子经纬仪



DJD2B电子经纬仪



DQZ2 全站型电子速测仪



NTS-960全站仪