

21
世纪

21世纪高职高专系列教材

建筑工程测量

中国机械工业教育协会 组编



机械工业出版社
China Machine Press

21 世纪高职高专系列教材

建 筑 工 程 测 量

中国机械工业教育协会 组编

主 编 合肥联合大学 李廷训

副主编 山东日照职业技术学院 李茂晔、魏松

参 编 大连理工大学 袁永博

洛阳大学 孙海粟

安徽建筑工业学院 张晓明

主 审 江苏理工大学 王军



机 械 工 业 出 版 社

本书是根据土建类各专业高等职业技术教学要求编写的。全书共 13 章。其中第 1~5 章为测量学基本知识,包括高程、角度、距离测量的基本工作,测量仪器的构造、使用方法及误差基本知识;第 6~9 章介绍地形图测绘的基本知识,包括小地区控制测量、地形图基本知识、地形图测绘及基本应用;第 10~12 章为建筑施工测量基本知识,包括测设基本工作,民用建筑测量和工业建筑测量工作;第 13 章介绍道路及管道施工的基本测量工作。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、职工大学、业余大学、夜大学、函授大学、成人教育学院大专层次工民建、给排水、城市规划等土建类专业教材;也可作为一般土建类工程技术人员和测绘人员自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/中国机械工业教育协会组编. —北京:
机械工业出版社, 2001.7
21 世纪高职高专系列教材
ISBN 7-111-08433-0

I. 建… II. 中… 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(2001)第 050035 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王春雨 版式设计:冉晓华 责任校对:申春香

封面设计:姚毅 责任印制:郭景龙

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm $1/16$ ·13.5 印张·329 千字

0 001—4 000 册

定价:21.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

21 世纪高职高专系列教材编委会名单

编委会主任 中国机械工业教育协会 郝广发

编委会副主任 (单位按笔画排)

山东工程学院 仪垂杰
大连理工大学 唐志宏
天津大学 周志刚
甘肃工业大学 路文江
江苏理工大学 杨继昌
成都航空职业技术学院 陈玉华

机械工业出版社 陈瑞藻 (常务)
沈阳工业大学 李荣德
河北工业大学 檀润华
武汉船舶职业技术学院 郭江平
金华职业技术学院 余党军

编委会委员 (单位按笔画排)

广东白云职业技术学院 谢瀚华
山东省职业技术教育师资培训中心 邹培明
上海电机技术高等专科学校 徐余法
天津中德职业技术学院 李大卫
天津理工学院职业技术学院 沙洪均
日照职业技术学院 李连业
北方交通大学职业技术学院 佟立本
辽宁工学院职业技术学院 李居参
包头职业技术学院 郑刚
北京科技大学职业技术学院 马德青
北京建设职工大学 常莲
北京海淀走读大学 成运花
江苏理工大学 吴向阳
合肥联合大学 杨久志

同济大学 孙章
机械工业出版社 李超群 余茂祚 (常务)
沈阳建筑工程学院 王宝金
佳木斯大学职业技术学院 王跃国
河北工业大学 范顺成
哈尔滨理工大学工业技术学院 线恒录
洛阳大学 吴锐
洛阳工学院职业技术学院 李德顺
南昌大学 肖玉梅
厦门大学 朱立秒
湖北工学院高等职业技术学院 吴振彪
彭城职业大学 陈嘉莉
燕山大学 刘德有

序

1999年6月中共中央国务院召开第三次全国教育工作会议,作出了“关于深化教育改革,全面推进素质教育的决定”的重大决策,强调教育在综合国力的形成中处于基础地位,坚持实施科教兴国的战略。决定中明确提出要大力发展高等职业教育,培养一大批具有必备的理论知识和较强的实践能力,适应生产、建设、管理、服务第一线急需的高等技术应用性专门人才。为此,教育部召开了关于加强高职高专教学工作会议,进一步明确了高职高专是以培养技术应用性专门人才为根本任务;以适应社会需要为目标;以培养技术应用能力为主线设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案;以“应用”为主旨和特征来构建课程和教学内容体系;高职高专的专业设置要体现地区、行业经济和社会发展的需要,即用人的需求;教材可以“一纲多本”,形成有特色的高职高专教材系列。

“教书育人,教材先行”,教育离不开教材。为了贯彻中共中央国务院以及教育部关于高职高专人才培养目标及教材建设的总体要求,中国机械工业教育协会、机械工业出版社组织全国部分有高职高专教学经验的职业技术学院、普通高等学校编写了这套《21世纪高职高专系列教材》。教材首批80余本(书目附书后)已陆续出版发行。

本套教材是根据高中毕业3年制(总学时1600~1800)、兼顾2年制(总学时1100~1200)的高职高专教学计划需要编写的。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。基础理论课以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为重点;专业课加强了针对性和实用性,强化了实践教学。为了扩大使用面,在内容的取舍上也考虑到电大、职大、业大、函大等教育的教学、自学需要。

每类专业的教材在内容安排和体系上是有机联系、相互衔接的,但每本教材又有各自的独立性。因此各地区院校可根据自己的教学特点进行选择使用。

为了提高质量,真正编写出有显著特色的21世纪高职高专系列教材,组织编写队伍时,采取专门办高职的院校与办高职的普通高等院校相互协作编写并交叉审稿,以便实践教学和理论教学能相互渗透。

机械工业出版社是我国成立最早、规模最大的科技出版社之一,在教材编辑出版方面有雄厚的实力和丰富的经验,出版了一大批适用于全国研究生、大学本科、专科、中专、职工培训等各种层次的成套系列教材,在国内享有很高的声誉。我们相信这套教材也一定能成为具有我国特色的、适合21世纪高职高专教育特点的一系列教材。

中国机械工业教育协会

前言

本书是高等职业技术教育土建类各专业测量学教学用书，是我们在从事多年测量学教学实践和经验的基础上编写的。针对高职高专的教学特点，教材注重理论联系实际，强化了测量学教学的实践环节。本书语言简洁，便于自学。

本书共13章，总学时为65学时，各院校可根据实际教学情况决定内容的取舍。

本书由合肥联合大学、山东日照职业技术学院、大连理工大学、洛阳大学、安徽建筑工业学院合编，并由合肥联合大学主编。参编人员有：

合肥联合大学 李廷训(第1章、第5章、第11章、第12章)；山东日照职业技术学院 李茂晔(第2章、第3章、第4章)；山东日照职业技术学院 魏松(第7章、第8章、第9章)；大连理工大学 袁永博(第10章)；洛阳大学 孙海粟(第13章)；安徽建筑工业学院 张晓明(第6章)。

本书由江苏理工大学王军教授主审，他认真、仔细地审阅了全稿，并提出了许多宝贵的修改意见，对此表示衷心感谢。

在本书的编写过程中得到合肥联合大学教务处和建工系的大力支持，在此表示感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免有缺点和不足之处，敬请专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

目 录

序 前 言

第 1 章 绪论..... 1

- 1.1 建筑工程测量的任务 1
- 1.2 地面点位的确定 1
- 1.3 测量的基本工作 6
- 1.4 测量工作的组织原则和程序 7
- 复习思考题 8

第 2 章 水准测量 9

- 2.1 水准测量原理 9
- 2.2 水准测量的仪器和工具 10
- 2.3 水准仪的使用 13
- 2.4 水准测量的外业和内业 14
- 2.5 微倾式水准仪的检验与校正 19
- 2.6 水准测量的误差及注意事项 21
- 2.7 精密水准仪和水准尺 23
- 2.8 自动安平水准仪 25
- 复习思考题 26

第 3 章 角度测量 28

- 3.1 水平角测量原理 28
- 3.2 光学经纬仪 28
- 3.3 水平角的观测 32
- 3.4 水平角观测误差与注意事项 36
- 3.5 竖直角观测 37
- 3.6 经纬仪的检验与校正 41
- 3.7 电子经纬仪简介 43
- 复习思考题 45

第 4 章 距离测量与直线定向 46

- 4.1 钢尺量距 46
- 4.2 光电测距仪简介 52

- 4.3 直线定向 56
- 4.4 磁方位角的测定 57
- 复习思考题 58

第 5 章 测量误差的基本知识 60

- 5.1 测量误差的分类 60
- 5.2 衡量误差精度的标准 62
- 5.3 算术平均值及其中误差 63
- 5.4 观测值函数的中误差 66
- 复习思考题 70

第 6 章 小地区控制测量 71

- 6.1 控制测量概述 71
- 6.2 导线测量 71
- 6.3 导线测量的坐标计算 74
- 6.4 小三角测量 80
- 6.5 高程控制测量 85
- 复习思考题 89

第 7 章 地形图的基本知识 91

- 7.1 地形图比例尺 91
- 7.2 地形图图外注记 92
- 7.3 地物符号 93
- 7.4 地貌符号——等高线 96
- 复习思考题 100

第 8 章 大比例尺地形图测绘 101

- 8.1 地形测量的实质 101
- 8.2 碎部测量前的准备工作 101
- 8.3 视距测量 102
- 8.4 小平板仪的构造与使用 106
- 8.5 碎部测量的方法 107
- 8.6 地形图的绘制 110
- 复习思考题 112

第 9 章 地形图的应用	113	第 12 章 工业建筑施工测量	150
9.1 地形图的识读	113	12.1 概述	150
9.2 地形图的基本应用	114	12.2 厂房矩形控制网的放样	151
9.3 地形图在规划设计中的应用	116	12.3 厂房柱列轴线的测设和 柱基施工测量	152
复习思考题	120	12.4 厂房预制构件安装测量	153
第 10 章 测设的基本工作	122	12.5 烟囱或水塔的施工测量	157
10.1 已知水平距离的测设	122	12.6 竣工总平面图的编绘	158
10.2 已知水平角的测设	123	复习思考题	161
10.3 已知高程的测设	123	第 13 章 道路与管道工程测量 基本知识	162
10.4 点的平面位置测设方法	124	13.1 概述	162
复习思考题	126	13.2 道路中线测量	163
第 11 章 民用建筑中的 施工测量	128	13.3 纵、横断面水准测量	170
11.1 施工测量概述	128	13.4 道路工程施工测量	174
11.2 建筑场地施工控制测量	129	13.5 管道施工测量	179
11.3 一般民用建筑施工中的 测量工作	132	复习思考题	188
11.4 高层民用建筑物施工中 的轴线竖向投测	138	附录 测量实验与实习	189
11.5 激光定位仪在建筑施工 测量中的应用	139	附录 A 测量实验与实习须知	189
11.6 建筑物的变形观测	145	附录 B 测量实验与课堂作业	190
复习思考题	149	附录 C 测量教学实习	199
		参考文献	205

第1章 绪 论

1.1 建筑工程测量的任务

测量学是研究地球或地球局部区域的形状、大小以及确定地球表面各种物体的几何形状及其空间位置关系，并把测量结果用数据或图形表示出来的科学。

建筑工程测量是测量学的一个组成部分。它是研究建筑工程在勘测设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作的理论、技术和方法的学科。它的主要任务是：

1. 测绘大比例尺地形图 把工程建设地区各种地面物体的位置和形状，以及地面的起伏状态，用各种图例符号，按一定大小的比例尺，测绘成地形图，为工程建设的规划设计提供必要的图纸资料，这是测量的测定基本工作。

2. 建筑物的施工放样 把图样上已设计好的建(构)筑物，按设计要求在现场标定出来，作为施工的依据。在建筑施工过程中，也要进行各种测量工作，以便保证施工质量。这是建筑工程测量测设的基本工作。

3. 建筑物的变形观测 对于一些重要的建筑物，在施工过程中和使用期间，为了确保安全，应该了解其稳定性，需要定期对建筑物进行变形观测。

由此可见，从事工程建设的技术人员，必须掌握必要的测量知识和技能，熟悉测量的基本仪器操作和测量方法。

1.2 地面点位的确定

测量的基本工作是测定地表点的位置关系，地表本身是抽象的，所以首先必须确定一个具体能反映地表形状、大小的基准面，测量上采用的地表基准面是以大地作为水准面。另外，点的位置关系是三维的，即点的平面位置关系和点的空间高度位置关系，为此，需在大地水准面上建立适当的平面坐标系和高程参考系。

1. 大地水准面 地球表面 71% 面积被海洋覆盖，假想把静止的海水平面向陆地延伸，形成闭合的曲面，称为海水面。海水面直接反映了地表的形状。海水面受到重力作用后，形成处处与重力方向(又叫铅垂线方向)垂直的曲面，又称水准面。由于海洋有潮汐现象，海平面时高时低，水准面随机变化着，其有相对性。测量上取所有静止海水面的平均水准面作为参考基准面，称为大地水准面。

因为地球形状不规则，以及地球内部质量分布不均匀，从而使地面各点铅垂线方向产生不规则的变化。所以，大地水准面是一个不规则的曲面，它不能通过一个数学式子来表述，但是这个曲面非常接近于一个旋转椭球体面(图 1-1)。在实际中，

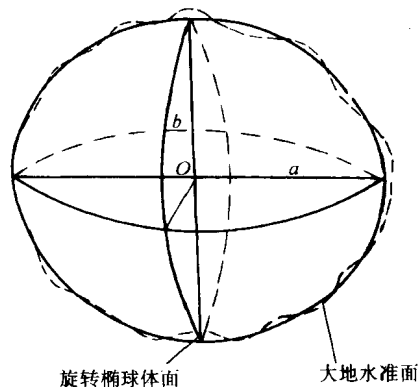


图 1-1 旋转椭球体面

常用旋转椭球体面来代替大地水准面。

旋转椭球体面可以用一个数学方程确定，它的大小可由长半径 a 、短半径 b 和扁率 α 来表示。我国 1980 年以后采用的数值为

$$\begin{aligned} a &= 6378140\text{m} \\ b &= 6\,356\,755\text{ m} \\ \alpha &= \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.257} \end{aligned}$$

由于旋转椭球体的扁率较小，所以在测量精度要求不高的情况下，可以把地球近似地当做圆球，其半径取为

$$R = \frac{a + a + b}{3} = 6371\text{km}$$

2. 地面点位的确定及其表示 在测量工作中确定地面点位时，是将地面各点沿铅垂线方向投影到大地水准面上。如图 1-2 所示， A 、 B 、 C 为地面上的三个点，投影到大地水准面的点位为 a 、 b 、 c ， H_A 、 H_B 、 H_C 为 A 、 B 、 C 至投影点的铅直距离，故 A 、 B 、 C 的空间位置用三维坐标表示。

(1) 地面点的平面坐标 地面点大地水准面上的投影位置，用球面坐标经度 λ 和纬度 φ 表示时称地理坐标。但为了实用方便，测量工作是采用平面位置的，并可根据测量范围的大小选用不同的坐标系。

1) 高斯平面直角坐标系 在大范围内进行测量工作，投影到大地水准面上的地面点位和图形，要展绘到平面上来表示。为使曲线上的点位和图形在用平面表示时所产生的误差限定在一定的范围内和保持相似的几何关系，以满足实用的需要，我国采用了高斯投影的方法。这种方法是将地球划分成若干带，然后进行分带投影。投影带的划分如图 1-3 所示，从首子午线（通过英国格林威治天文台的子午线）开始，自西向东将地球划分成经差为 6° 的 60 个带，并从西向东进行编号，带号用阿拉伯数字表示为 1, 2, ..., 60。各带中间的子午线称为中央子午线，如第 1 带中央子午线的经度为 3° ，第 2 带为 9° ……，用下式可算出各带的中央子午线经度 λ_0 ，即

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

式中 N 为带号。当要求投影变形更小时，还可按经差 3° 或 1.5° 划分投影带。

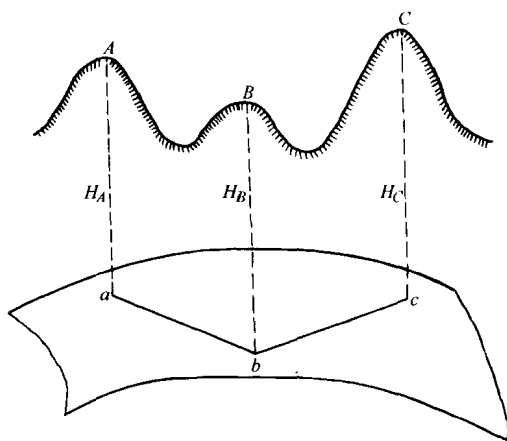


图 1-2 地面点位的确定

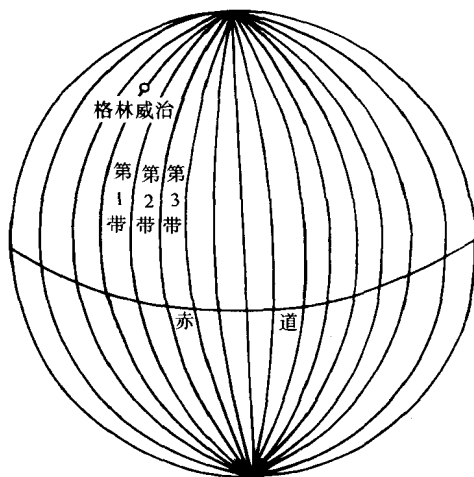


图 1-3 投影带的划分

为便于说明，将地球看作圆球，设想把一个平面卷成圆柱，套在圆球的外面，使横圆柱的轴心通过圆球中心，并使圆球上某 6° 带的中央子午线与横圆柱相切，见图 1-4a。中央子午线投影后是一条直线，长度不变。赤道投影后也是一条直线，且与中央子午线相垂直。中央两侧的子午线投影到圆柱面后，将圆柱面沿过南北两极的母线剪开并展平，即得高斯投影平面，如图 1-4b 所示。在此投影面上，除中央子午线和赤道成为互相垂直的直线外，中央两侧的子午线均成为对称于中央子午线的曲线。取中央子午线为纵坐标轴，定为 x 轴；赤道投影线为横坐标轴，定为 y 轴，二轴的交点为坐标原点，即构成了高斯平面直角坐标系。

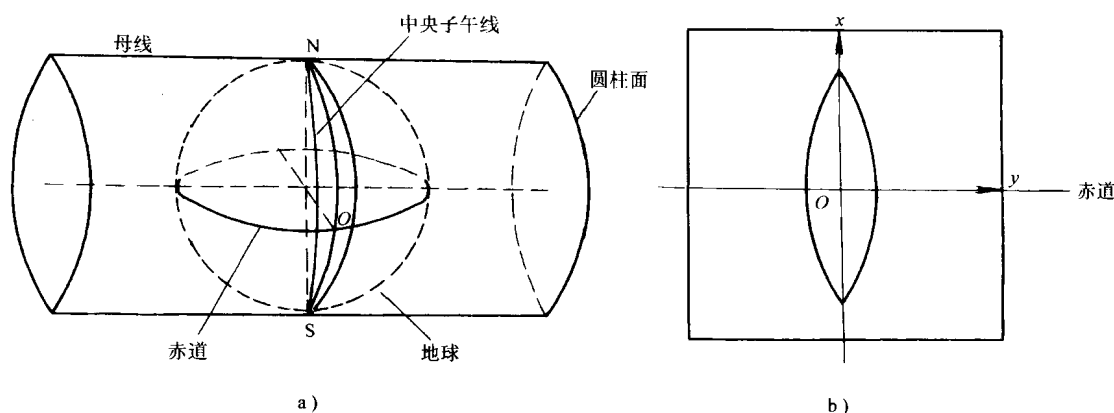


图 1-4 高斯平面直角坐标系

在高斯平面直角坐标系中，纵坐标的正负方向以赤道为界，向北为正，向南为负；横坐标以中央子午线为界，向东为正，向西为负。我国位于北半球，所有纵坐标 x 均为正值，而各带的横坐标 y 则有正有负。如图 1-5a 中， A 、 B 两点的纵坐标 x_a 、 x_b 均为正值，横坐标 y_a 为正， y_b 为负。为使用方便，规定将坐标轴向西移 500km，则 A 、 B 两点的横坐标均成为正值，见图 1-5b。

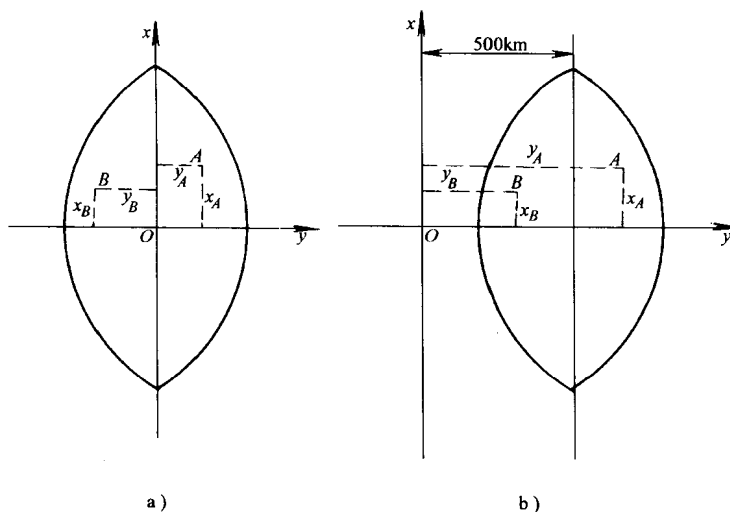


图 1-5

例如, $y_a = 123210\text{m}$, $y_b = -103524\text{m}$ 。各加 500km 后: $y_a = 623210\text{m}$, $y_b = 396476\text{m}$ 。在横坐标前再冠以带号, 即表明了所属的投影, 如 A 点在 20 带时应表示为 $y_a = 20623210\text{m}$ 。

在测量平面坐标系中所规定的 x 、 y 轴, 虽然与数学中的坐标符号相反, 但是测量坐标系的方位角是从纵坐标轴 x 的正向起算, 顺时针旋转, 形成与起始轴的夹角, 这也是与数学坐标系的转角相反的。因此, 数学中的三角公式完全可用于测量坐标系的计算。

例如, 图 1-6a 中的 P 点在数学坐标系中的坐标计算式为

$$x = D \cos \alpha \quad y = D \sin \alpha \quad (1-2)$$

与 P 点在测量坐标系中的计算式完全相同, 见图 1-6b。

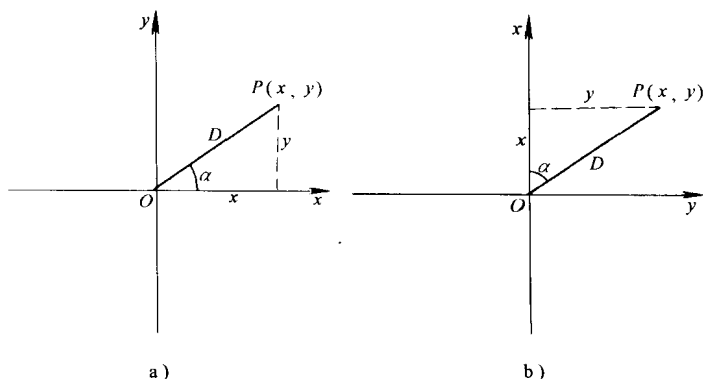


图 1-6

2) 假定平面直角坐标系 在小范围内进行测量工作(测区半径小于 10km)时, 可以将大地水准面当做水平面看待, 即可直接在大地水准面上建立平面直角坐标系和沿铅垂线投影地面点位。为使坐标系内的点位坐标不出现负值, 可在测区的西南角以外选定坐标原点。过原点的子午线即为 x 轴; 通过原点并与子午线相垂直的直线即为 y 轴, 如图 1-7 所示。建立坐标系后, 可假定测区西南角 A 点的坐标值, 例如, $x_a = 1000\text{m}$, $y_a = 2000\text{m}$ 。这样, 整个测区的假定坐标均为正值, 以便于使用。

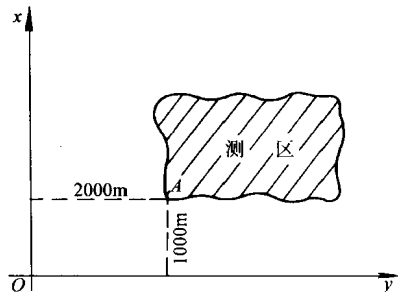


图 1-7 假定平面直角坐标系

(2) 地面点的高程 地面点沿铅垂线至大地水准面的距离称为该点的绝对高程或海拔, 简称高程, 用 H 表示。图 1-2 中的 H_A 、 H_B 、 H_C 就是从大地水准面起算的地面各点的高程。地面点在平面坐标系中的坐标与高程合起来即得三维坐标 x 、 y 、 H 。

我国境内所测定的高程点是以青岛验潮站历年观测的黄海平均海水面为基准面, 并在青岛市建立了水准原点, 其高程为 72.260m , 称为“1985 年国家高程基准”(原 1956 年高程基准为 72.289m)。全国各地布置的国家高程控制点(水准点)均以此水准原点为准。有时测区附近没有从基准面起算的水准点, 可采用假定高程系统, 以任意假定的水准面为起算高程的基准面。如图 1-8 中, 地面点 A 、 B 至任意水准面的铅直距离称假定高程或相对高程, 用

H'_A 、 H'_B 表示。地面点的高程之差称高差，用 h 表示。A、B 两点的高差 h_{AB} 为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1-3)$$

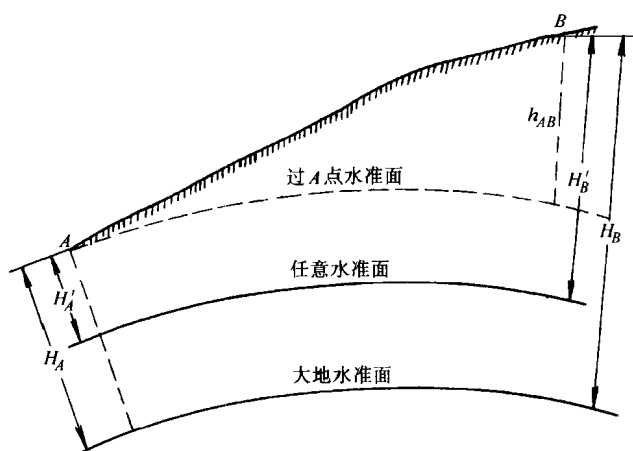


图 1-8 高差计算

由式(1-3)可知，不同的高程基准面所得的高差相等。这种假定高程，在需要用国家高程基准表示时，只要与国家高程控制点连测，再经换算即得绝对高程。

3. 大地水准面用做水平面的限度 前面提到，在测区范围较小时，可将大地水准面当做水平面看待，这样，既简化了测量的计算工作，又不致因曲面和平面的差异过大而产生较大的测量误差。下面仅就地球曲率对距离和高程的影响进行分析，据此限制其范围。为简便起见，将地球作为圆球看待，取其平均半径 6371km。

(1) 水准面的曲率对水平距离的影响 在图 1-9 中，设地面直线 AB 在水平面上的投影为 ab' ，其长度为 l' ；在大地水准面上的投影为 ab ，其弧长为 l 。 l 所对圆心角为 θ ，地球半径为 R 。 l' 与 l 之差为 Δl ，则

$$\Delta l = l' - l = R \tan \theta - R\theta = R(\tan \theta - \theta) \quad (1-4)$$

按三角函数的级数公式可得

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

因 θ 值很小，可只取其前两项，代入式(1-4)，得

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

再将 $\theta = \frac{l}{R}$ 代入上式，则

$$\Delta l = \frac{l^3}{3R^2} \text{ 或 } \frac{\Delta l}{l} = \frac{l^2}{3R^2} \quad (1-5)$$

以 $R = 6371\text{km}$ 和不同的 l 值代入式(1-5)，求得表 1-1 所列的数值。

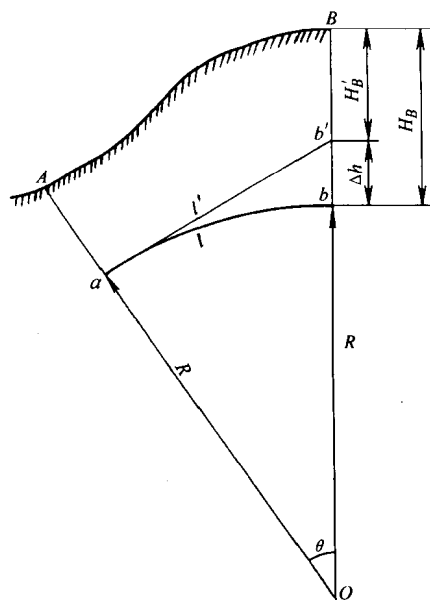


图 1-9 曲面对测量的影响

表 1-1

l/km	$\Delta l/\text{cm}$	$\Delta l/l$
10	0.8	1:1200000
20	6.6	1:300000
50	102.6	1:49000

从表 1-1 中所列数值可以看出, 随着距离的增加, 曲线上的弧长与水平面上长度之差增大; 在弧长 l 为 10km 时所产生的长度之差为其长度的 $1/120 \times 10^4$ 。而目前测量工作中最精密的距离丈量的容许误差为其长度的 $1/10^6$ 。由此可得出结论: 在半径为 10km 的测区内进行测量工作时, 可以把大地水准面当作水平面看待。

(2) 地球曲率对高程的影响 见图 1-9, 地面点 B 的高程从大地水准面起算时为 H_B , 从水平面起算时为 H'_B , 由于起算面不同, 引起高程误差 Δh 。而 Δh 的大小是与弧长 l 的平方成正比的, 受弧长的影响甚大, 现推证如下:

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

$$2R \Delta h + \Delta h^2 = l'^2$$

即

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

由于 l' 与 l 相差甚小, 可用 l 代替 l' ; 同时 Δh 与 R 相比也可略去 Δh 。故上式可写为

$$\Delta h = \frac{l^2}{2R} \quad (1-6)$$

现以 $R = 6371\text{km}$ 和不同的弧长 l 代入式(1-6), 可计算出表 1-2 所列数值。

表 1-2

l/m	100	200	300	400	500	1000
$\Delta h/\text{cm}$	0.08	0.3	0.7	1.3	2	8

从表 1-2 可以看出, 地球曲率对高程有较大的影响。测量时, 即使距离较短, 也应顾及其对高程的影响。

1.3 测量的基本工作

地面点位可以用其在投影面上的坐标和高程确定。地面点的坐标和高程一般并非直接测定, 而是间接测定的, 或者说是传递来的。首先在测区或测区附近要有已知坐标和高程的点, 然后测出这些点和待定点之间的几何关系, 就可确定待定点的坐标和高程。

1. 平面直角坐标的测定 如图 1-10 所示, 设 A 、 B 为已知坐标点, P 为待定点。在 $\triangle ABP$ 中, 除 AB 边外, 只要测出一边一角, 或两个角度, 或两条边长, 就可以推算出 P 的坐标, 所以测定某点坐标的主要工作是量边和测角。

应该注意的是, 为了测算地面点的坐标, 要测量的是

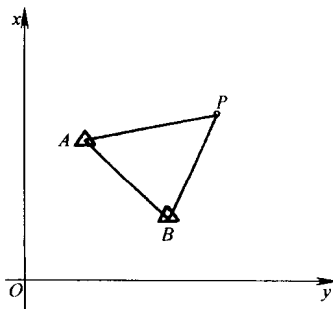


图 1-10 平面直角坐标的测定

它们投影到水平面以后, 投影点之间所组成的角度和边长, 即水平角和水平距离(如图 1-11 中的 $\angle A'B'C'$ 和 $A'B'$ 等), 而不是地面点之间所组成的角度和边长。

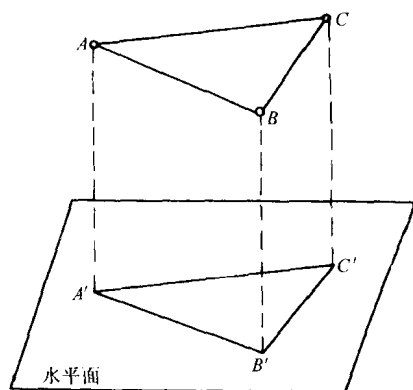


图 1-11

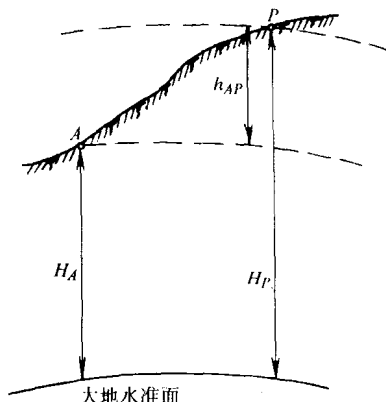


图 1-12 高程的测定

2. 高程的测定 如图 1-12 所示, 设 A 为已知高程点, P 为待定点。这时, 只要测出 AP 之间的高差 h_{AP} , 即可算出 P 点高程 $H_P = H_A + h_{AP}$ 。所以, 测定某点高程的主要测量工作是测高差。

综上所述, 确定地面点位的三项基本工作, 就是距离、角度和高差的测量。

1.4 测量工作的组织原则和程序

无论是测绘地形图或是建筑物的施工放样, 最基本的问题是测定或测设点的位置。测量时, 为了避免误差的积累, 保证测量区域内所测点位具有必要的精度, 测量工作必须遵循“从整体到局部”、“由高级到低级”、“先控制后碎部”的原则和程序, 即先在测区范围内选定一些对整体具有控制作用的点称为控制点, 用较精密的仪器和方法测定其平面位置和高程, 称为控制测量工作。然后根据控制点进行碎部测量和测设工作。由控制点测定各地表点位置关系, 称为碎部测量工作。

控制点所组成的几何图形称为控制网。建立平面控制网, 测定控制点平面位置(x, y)的工作称为平面控制测量。建立高程控制网, 测定控制点高程的工作称为高程控制测量。

建立平面控制网最常用的方法是三角测量和导线测量(见第 6 章)。

在全国范围内建立的平面控制网称为国家平面控制网。国家平面控制测量按精度不同分为一、二、三、四四个等级的三角测量和精密导线测量。其中一等三角测量精度最高, 二、三、四等逐级降低, 并按“由高级到低级”的原则逐级布设。

城市或厂矿区, 一般都在上述国家平面控制网的基础上, 布设不同等级的城市平面控制网, 以供地形测图和施工测量时使用。城市平面控制测量采用二、三、四等三角测量及一、二级小三角测量或一、二、三级导线测量。

建立高程控制网的主要方法是水准测量(见第 2.6 章)。

国家高程控制测量采用一、二、三、四等水准测量。城市高程控制测量采用二、三、四等水准测量, 在山区也可局部采用三角高程测量(见第 6 章)。

国家和城市控制点的已知数据可作为各种精度较低的测量工作的起始数据，因此，也可称为基本控制点。

为了地形测图而布设的控制点称为图根控制点，简称图根点。在大比例尺地形图测绘时，应按“先控制后碎部”的原则，首先在基本控制网的基础上，进行图根控制测量，由此而测定的图根点即为下一步地形测图的依据。

建筑施工测量也应按照上述原则和程序进行。

复习思考题

1. 建筑工程测量的任务是什么？
2. 确定地面点位需要哪几个要素？要做哪些基本测量工作？
3. 何谓大地水准面？它在测量中有何用途？
4. 高斯平面直角坐标系是怎样建立的？
5. 设地面某点在东经 $102^{\circ}12'$ ，试计算它所在六度带号，以及该六度带中央子午线的经度。
6. 何谓绝对高程？何谓相对高程？两点之间的绝对高程之差与相对高程之差是否相同？
7. 已知 $H_A = 36.735\text{m}$ ， $H_B = 48.386\text{m}$ ，求 h_{AB} 。
8. $H_A = 43.673\text{m}$ ， $h_{AB} = -3.784\text{m}$ ，求 H_B 。
9. 何谓水平面？用水平面代替水准面对距离、角度和高程有何影响？

第2章 水准测量

测定地面点高程的工作称为高程测量。由于使用的仪器及施测方法不同，高程测量分为水准测量、三角高程测量、卫星高程测量(GPS 定位系统)和气压高程测量四种。利用水准仪测定高程的方法称为水准测量，它是高程测量中一种最基本的和精度较高的方法。

本章将着重介绍水准测量原理、微倾式水准仪的构造和使用，水准测量的施测方法和成果计算等内容。

2.1 水准测量原理

如图 2-1 所示，两地面点 A 和 B ，若 A 点的高程 H_A 为已知，欲确定 B 点的高程 H_B ，需要首先测定出 A 、 B 两点的高差 h_{AB} ，再根据高程 H_A 和高差 h_{AB} 推算出高程 H_B 。为此，在 A 、 B 点上各竖立一根水准尺，并在其间安置水准仪，根据水准仪提供的水平视线，分别在 A 、 B 点的水准尺上读取读数 a 、 b ，则 A 、 B 两点的高差 h_{AB} 为

$$h_{AB} = a - b \quad (2-1)$$

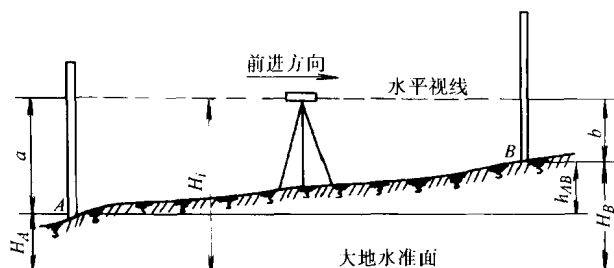


图 2-1 水准测量原理

在水准测量中，我们是以工作进行方向来区分前视和后视的。由于 A 点为已知高程点， B 点为待求点，测量工作应由 A 向 B 方向进行。因此，我们称 A 点为后视点，读数 a 为后视读数；称 B 点为前视点，读数 b 为前视读数。后视读数减前视读数即为 A 、 B 两点的高差 h_{AB} 。高差的符号有正有负，为正时表示 B 点高于 A 点；为负时表示 B 点低于 A 点。

B 点的高程为
$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + (a - b) \quad (2-2)$$

从图 2-1 中可以看出， B 点的高程 H_B 也可以通过仪器的视线高程 H_i 求得。即

视线高程
$$H_i = H_A + a \quad (2-3)$$

B 点高程
$$H_B = H_i - b \quad (2-4)$$

式(2-2)是直接利用高差计算高程的方法，称为高差法；式(2-3)、(2-4)是利用视线高程计算 B 点高程的方法，称为仪高法。当安置一次仪器需要测出若干个点的高程时，应用仪高法比较简便。在实际工作中，通常 A 、 B 两点相距较远或高差较大，仅安置一次仪器难以测得两点的高差，此时需要分段测量。如图 2-2 所示，在 A 、 B 点之间增设若干个临时立尺点，将