



全国高等职业教育技能型紧缺人才培养培训推荐教材

QUANGUO GAODENG ZHIYE JIAOYU JINENGXING JINQUE RENCAI PEIYANG PEIXUN TUIJIAN JIAOCAI

建筑设备工程技术专业

工程测量实训

GONGCHENG CELIANG SHIXUN

本教材编审委员会组织编写

王根虎 主编

中国建筑工业出版社

全国高等职业教育技能型紧缺人才培养培训推荐教材

工程测量实训

(建筑设备工程技术专业)

本教材编审委员会组织编写

王根虎 主 编

黄炳龄 副主编

贺俊杰 主 审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程测量实训/王根虎主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2005

全国高等职业教育技能型紧缺人才培养培训推荐教材
建筑设备工程技术专业

ISBN 978-7-112-07155-5

I. 工… II. 王… III. 工程测量-高等学校: 技
术学校-教材 IV. TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 060737 号

全国高等职业教育技能型紧缺人才培养培训推荐教材

工程测量实训

(建筑设备工程技术专业)

本教材编审委员会组织编写

王根虎 主 编

黄炳龄 副主编

贺俊杰 主 审

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 9¼ 字数: 222 千字

2005 年 8 月第一版 2007 年 2 月第二次印刷

印数: 2 001—3 200 册 定价: 14.00 元

ISBN 978-7-112-07155-5

(13109)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本教材编审委员会名单

主 任：张其光

副 主 任 陈 付 刘春泽 沈元勤

委 员：（按拼音排序）

陈宏振	丁维华	贺俊杰	黄 河	蒋志良	李国斌
李 越	刘复欣	刘 玲	裴 涛	邱海霞	苏德全
孙景芝	王根虎	王 丽	吴伯英	邢玉林	杨 超
余 宁	张毅敏	郑发泰			

本书是根据《高职二年制“建筑设备技术”专业技能型紧缺人才教学培养培训指导方案》要求编写。主要介绍测量基本知识、基本方法及测量技术在建筑设备安装过程中的实际应用。

本书共分8个单元,2个附录。第1~5单元介绍测量技术的基本知识、常用测量仪器的构造及使用。第6单元介绍测量定位方法及小面积地形图测绘。第7~8单元介绍管线施工及设备安装过程中的测量工作。附录1为测量新仪器、新技术介绍。附录2为测量仪器操作技能考核方案。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校及民办高校建筑设备技术专业的教材,也可供相关的工程技术人员参考。

本书在使用过程中有何意见和建议,请与我社教材中心(jiaocai@china-abp.com.cn)联系。

* * *

责任编辑:齐庆梅 张 晶

责任设计:郑秋菊

责任校对:孙 爽 张 虹

序

改革开放以来,我国建筑业蓬勃发展,已成为国民经济的支柱产业。随着城市化进程的加快、建筑领域的科技进步、市场竞争的日趋激烈,急需大批建筑技术人才。人才紧缺已成为制约建筑业全面协调可持续发展的严重障碍。

面对我国建筑业发展的新形势,为深入贯彻落实《中共中央、国务院关于进一步加强对人才工作的决定》精神,2004年10月,教育部、建设部联合印发了《关于实施职业院校建设行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》,确定在建筑施工、建筑装饰、建筑设备和建筑智能化等四个专业领域实施技能型紧缺人才培养培训工程,全国有71所高等职业技术学校、94所中等职业学校、702个主要合作企业被列为示范性培养培训基地,通过构建校企合作培养培训人才的机制,优化教学与实训过程,探索新的办学模式。这项培养培训工程的实施,充分体现了教育部、建设部大力推进职业教育改革和发展的办学理念,有利于职业院校从建设行业人才市场的实际需要出发,以素质为基础,以能力为本位,以就业为导向,加快培养建设行业一线迫切需要的高技能人才。

为配合技能型紧缺人才培养培训工程的实施,满足教学急需,中国建筑工业出版社在跟踪“高等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案”编审过程中,广泛征求有关专家对配套教材建设的意见,组织了一大批具有丰富实践经验和教学经验的专家和骨干教师,编写了高等职业教育技能型紧缺人才培养培训“建筑工程技术”、“建筑装饰工程技术”、“建筑设备工程技术”、“楼宇智能化工程技术”4个专业的系列教材。我们希望这4个专业的系列教材对有关院校实施技能型紧缺人才的培养培训具有一定的指导作用。同时,也希望各院校在实施技能型紧缺人才培养培训工作中,有何意见及建议及时反馈给我们。

建设部人事教育司

2005年5月30日

前 言

本书是根据《高等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》要求编写的。主要介绍测量基本知识、基本方法及测量技术在建筑设备安装过程中的实际应用。

本书共分8个单元，两个附录。在介绍必要的理论知识的基础上，突出测量实际操作技能的培养，教学时数按2周集中实训，折合56学时。其中理论教学29学时，实训27学时。

本书由内蒙古建筑职业技术学院王根虎任主编，江西建设职业技术学院黄炳龄任副主编，内蒙古建筑职业技术学院李映红、丁锐、董岱、核工业华东地质局罗石竖参编。单元1、8由王根虎编写；单元2、5由丁锐编写；单元3、4由李映红编写；单元6、7由黄炳龄编写；附录1由罗石竖编写；附录2由董岱编写。

本书由内蒙古建筑职业技术学院贺俊杰主审，在编写过程中提出了许多宝贵意见，在此深表谢意。

本书在编写过程中参考了兄弟院校的有关教材和文献，总结了编者多年的教学和实践经验。但由于编者水平有限，时间仓促，不足和错漏之处在所难免，敬请使用本书的师生和读者批评指正。

目 录

单元 1 绪论	1
课题 1 测量学的定义、任务和作用	1
课题 2 地面点的确定	2
课题 3 确定地面点位的三个要素	8
课题 4 测量工作的原则和程序	9
单元 2 水准测量	11
课题 1 水准测量的原理	11
课题 2 水准测量的仪器及工具	13
课题 3 水准仪的构造	14
课题 4 水准仪的使用方法	17
课题 5 实训——水准仪的使用	20
课题 6 地面点高程的测量方法	22
课题 7 地面点高程的测设方法	27
课题 8 实训——地面点高程的测量与测设	28
单元 3 角度测量	33
课题 1 角度的概念及测量原理	33
课题 2 光学经纬仪的构造	34
课题 3 经纬仪的使用	38
课题 4 实训——经纬仪的使用	40
课题 5 水平角的观测方法	41
课题 6 竖直角观测方法	43
课题 7 实训——水平角测量与测设	45
单元 4 距离测量与直线定向	48
课题 1 距离测量的工具	48
课题 2 距离丈量的一般方法	50
课题 3 精密距离测量的方法	53
课题 4 距离测设	57
课题 5 实训——距离测量与测设	58
课题 6 直线定向	59
单元 5 误差测量的基本知识	62
课题 1 误差的基本知识	62
课题 2 普通测量中误差的产生与处理措施	67
课题 3 常用测量仪器的误差与处理措施	70

单元6 定位测量与地形图测绘	77
课题1 定位测量的概念	77
课题2 坐标测量与测设的方法	78
课题3 实训——点位坐标测量与测设	81
课题4 地形图的基本知识	84
课题5 地形图测绘的方法	91
课题6 实测——一站点地形图测绘	95
单元7 管道工程测量	98
课题1 管道工程测量概述	98
课题2 管道中线测量与纵、横断面测量	98
课题3 实训——管道中线测量与纵、横断面测量	106
课题4 管道施工测量	107
课题5 实训、管道施工测量与坡度线测设	111
课题6 管道竣工测量	113
单元8 建筑设备安装测量	116
课题1 设备安装的基本要求及测量的准备工作	116
课题2 设备基础施工测量	117
课题3 实训——设备基础中心线测设	120
课题4 设备安装测量	122
附录1 现代测量技术	127
附录2 测量仪器操作技能考核方案	132
参考文献	137

单元 1 绪 论

知识点：测量学的任务；地面点的确定方法。

教学目标：了解测量学的定义和任务；熟悉测量技术在建筑设备安装施工中的作用；熟悉地面点的确定方法与测量工作的基本内容。

课题 1 测量学的定义、任务和作用

1.1 测量学的定义

测量学就是研究应用测量仪器和工具度量地球或地球局部区域的形状、大小和地表各种物体的几何形状及其空间位置，并把度量结果用数据或图形表示出来的科学。它的实质就是确定地面点的位置。

1.2 测量学的任务

对工程建设而言，按其性质可分为测绘和测设。

所谓测绘是指使用测量仪器和工具，通过实地观测和计算得到一系列的观测数据或把地球表面的地物和地貌，用规定的符号和按一定比例尺缩绘成地形图。供规划设计、工程建设、国防建设和科学研究使用。

测设是指把图纸上设计好的建（构）筑物的位置，按设计要求，以一定的精度在施工现场地上标定出来，作为施工的依据。

1.3 测量技术在建筑设备安装施工中的作用

在建筑设备安装施工的各个阶段，都离不开测量工作。

勘察设计阶段：首先要在工程建设区内测绘地形图，为工程设计提供详细、准确的各種比例尺图件和测绘资料，以便确定布局合理，经济实用的设计方案。

工程施工阶段：根据设计图纸的要求，将设计好的管道线路的位置，在现场上标定出来，作为施工位置的依据。在施工过程中要及时为施工提供所需的中（轴）线及标高，以保证工程质量。进行竣工测量，为工程验收、改建、扩建和维修管理提供资料。

建筑设备安装阶段：在土建工程施工过程中或完工后，常用的暖通设备、给排水设备等安装时均需要测量进行定位放线，以保障设备的准确就位、正常运行。

由此可见，在建筑设备安装中自始至终都需要测量工作。而测量的精度和速度直接影响到整个工程的质量与进度。因此，测量技术对指导工程设计、要求按图施工、保证工期及安全运营管理等都具有十分重要的意义。

特别是近年来城市建设的不断发展，建（构）筑物的结构、功能、规模以及施工的新

方法、新工艺相继出现。智能型建筑越来越多，规模越来越大，各类配套的建筑设备安装要求越来越高。这就要求建筑设备工程技术专业的学生必须掌握必要的测量知识和技能。为此提出如下要求：

- (1) 要掌握测量学的基本理论、基本知识及基本技能。
- (2) 能熟练操作各种测量仪器。
- (3) 会使用各种测量仪器进行角度、高程、距离等基本的测量工作。
- (4) 由已知数据及观测数据会计算出所求点位的坐标、高程、方位等。
- (5) 熟悉各种地形图、平面图的测绘与使用。
- (6) 能应用所学的测量知识，进行各类建筑设备的定位、放线、抄平等工作。

课题2 地面点的确定

2.1 测量的基准线

由于地球的自转运动，地球上任一点，都要受到离心力和吸引力的作用，这两个力的合力称为重力。重力的作用线为铅垂线，可用悬挂垂球的细线方向来表示。铅垂线是测量工作的基准线。

2.2 测量的基准面

测量工作研究的对象是地面点。这些连续不断的地面点组成了起伏不平，极其复杂的地球表面，有高山、丘陵、平原和海洋。描述这样一个复杂表面上各点的位置，就要选择一个基准面作为依据。由于地球表面上海洋的面积约占 71%，而陆地面积仅占 29%。因此，人们很自然地把理想静止的海水面选为基准面。静止的水面称为水准面。由于水准面是受地球重力影响而形成的，是一个处处与重力方向垂直的连续曲面，与水准面相切的平面称为水平面。

海水表面有涨有落，因此水准面不是惟一的。但是某一点多年平均海水面位置基本上是稳定的。所以，人们就选取过本国或本地区一点的平均静止的海水面为惟一的基准面，称为大地水准面。它穿过大陆与岛屿延伸而形成一闭合曲面。它所包围的形体称为大地体。

但是，由于地球内部质量分布不均匀，引起铅垂线的方向产生不规则的变化，致使大地水准面成为一个不规则的复杂曲面，如图 1-1 (a) 所示。它不能用一个规则几何形体和

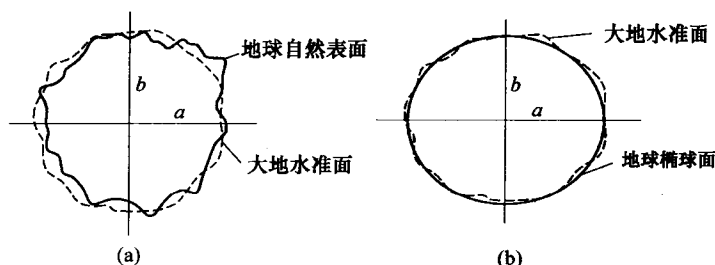


图 1-1 大地水准面

数学公式表达。若把地球的自然表面投影到这个曲面上,就很难进行测量的计算与制图工作。为此,人们就采用一个与大地水准面非常接近的规则几何表面来代替它,以表示地球的形状与大小。这个规则的几何表面就称为地球椭球面,它所包围的形体称为地球(参考)椭球体。如图 1-1 (b) 所示,作为测量工作和制图工作的基准面。地球(参考)椭球体是一个由椭圆 NESW 绕其短轴 NS 旋转而成,如图 1-2 所示。它的形状与大小,通常以其长半径 a ,短半径 b 和扁率 α 来表示。我国目前采用的元素值为 $a = 6\,378\,140\text{m}$, $b = 6\,356\,755\text{m}$, $\alpha = \frac{a-b}{a} =$

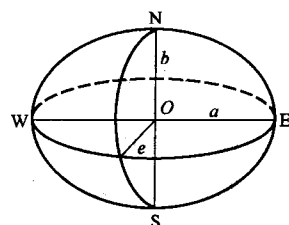


图 1-2 旋转椭球体

$\frac{1}{298.257}$, 并选择陕西省泾阳县永乐镇某点为大地原点, 进行大地定位。由此而建立起国家坐标系, 就是现在使用的“1980 年国家大地坐标系”。

由于地球(参考)椭球体的扁率很小, 在小范围内可近似地把它作为圆球。其半径为

$$R = \frac{1}{3}(2a + b) = 6371 \text{ km}$$

2.3 地面点的确定方法

从几何学中知道, 一个点的空间位置, 需要用三个量来确定, 即三维空间坐标。同样, 在确定地面点位时, 也采用三维空间坐标来表示。在大范围内, 用球面坐标系的两个坐标表示地面点投影到椭球体表面上的位置。在小范围内, 用平面直角坐标系中两个坐标表示地面点投影到水平面上的位置。第三个坐标用高于或低于大地水准面铅垂距离来表示。如图 1-3 所示。

(1) 地面点平面位置的确定

在大区域内或从整个地球范围内来考虑点的位置, 常采用经度(λ)和纬度(ϕ)表示, 称为地理坐标。地理坐标是球面坐标, 不便于直接进行各种测量计算。在工程测量中为了实用方便起见, 常采用平面直角坐标系来表示地面点位, 下面主要介绍常用的两种平面坐标系。

1) 高斯平面直角坐标。由于地球表面是曲面, 要把曲线上的点投影到平面上, 就必须采用适当的投影方法。为了叙述方便, 把地球看作圆球, 并设想把投影面卷成圆柱体套在地球上, 那么就有一条子午线与圆柱体内壁相切如图 1-4 所示。

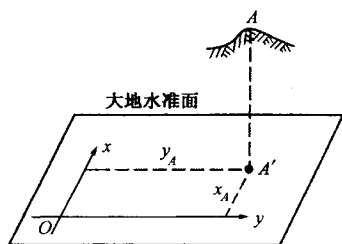


图 1-3 地面点位确定方法

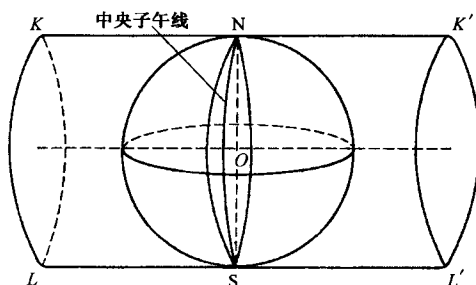


图 1-4 高斯投影方法

投影时，可以假想在地球中心有一点光源，由点光源发出的光线，把相切子午线及其两边的点、线投影到圆柱体上。在该子午线上长度没有变形，离开该子午线愈远的点、线投影变形就愈大。在一定的经度差内，就可以控制投影变形的大小。因此，就可把该范围的点、线投影到圆柱体上。由于两侧对称，这条相切的子午线就称为该投影范围的中央子午线。此线作为投影后的纵坐标轴—— x 轴。将赤道面扩大，并与圆柱体相交，则得到赤道在柱面上的投影，它也是一条直线，但长度有变形，此线作为投影后的横坐标轴—— y 轴。两轴的交点作为坐标原点。然后将圆柱体沿过南、北极的母线 KK' 、 LL' 剪开并展开成平面，如图 1-5 所示。此平面称为高斯投影平面。

那么高斯平面直角坐标系建立的要点如下：

A. 首先把地球表面每隔一定的经度差 6° 划分一带。

B. 整个地球分为 60 个带。并从首子午线开始自西向东编号。如图 1-6 所示，东经 $0^\circ \sim 6^\circ$ 为第一带， $6^\circ \sim 12^\circ$ 为第二带……位于每带中央的子午线为中央子午线。如第一带中央子午线的经度为 3° ，任一带的中央子午线经度为

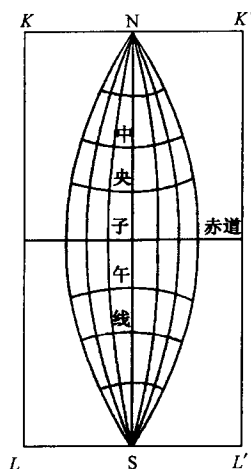


图 1-5 高斯投影平面

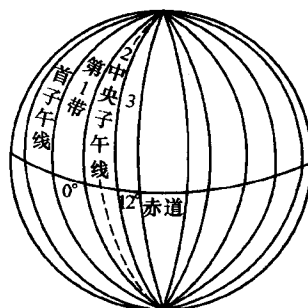


图 1-6 高斯投影分带法

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

式中 N 为带的编号。

C. 以每条带的中央子午线为坐标系纵轴 x ，赤道为横轴 y ，其交点为坐标系原点 O ，从而构成使用于这一带的高斯平面直角坐标系，如图 1-7 所示。在这个投影面上的每一点的位置，就可用直角坐标 x 、 y 值来确定。

D. 由于我国位于北半球，所以在我国范围内所有点的 x 坐标值均为正值，而 y 坐标值则有正、有负。为了使 y 坐标不出现负值，人为地把坐标纵轴向西平移 500km，即把实际 y 坐标值上加上 500km 作为使用坐标，如图 1-8 所示。

每一个 6° 带，都有其相应的平面直角坐标系。为了表明某点位于哪一个 6° 带，规定在横坐标值前面加上带号。

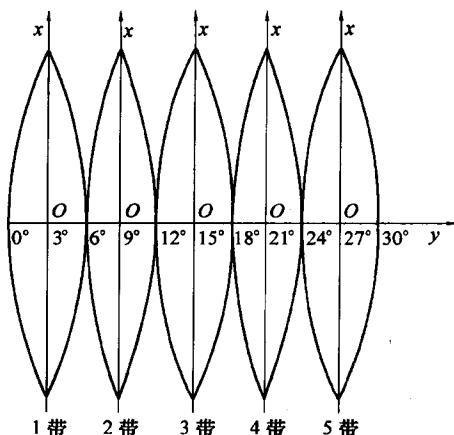


图 1-7 高斯平面直角坐标系

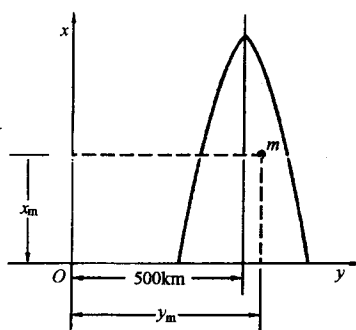


图 1-8 纵轴向西平移

如: $x_m = 3\ 218\ 643.98\text{m}$

$y_m = 20\ 587\ 307.25\text{m}$

此处, y 坐标的前面两位数字 20, 表示该点位于第 20 带。

高斯投影中, 离中央子午线近的部分变形小, 离中央子午线愈远变形愈大, 两侧对称。因此, 要求投影变形更小时, 应采用 3°带, 3°带是从东经 1°30'起, 每隔经差 3°划分一个带。整个地球划分为 120 个带。

每一带按前面所述方法, 建立起各自的高斯平面直角坐标。各带的中央子午线经度为

$$\lambda_0' = 3n \quad (1-2)$$

n 为带的编号, 如图 1-9 所示下半部分。

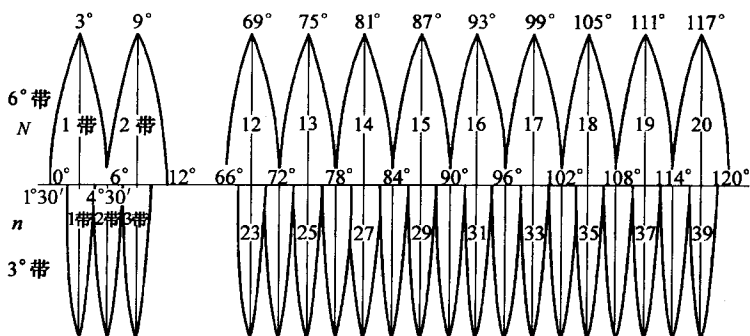


图 1-9 3°, 6°带投影

2) 假定 (独立) 平面直角坐标。在小范围内 (一般半径不大于 10km 的范围内), 把局部地球表面的点, 以正射投影的原理投影到水平面上, 在水平面上假定一个直角坐标系, 用直角坐标描述点的平面位置, 如图 1-10 所示。假定平面直角坐标的建立方法, 一般是在测区中选一点为坐标原点, 以通过原点的真南北方向 (子午线方向) 为纵坐标 x

轴方向，以通原点的东西方向（垂直于子午线方向）为横坐标 y 方向。为了便于直接引用数学中有关公式，以右上角为第 I 象限，顺时针排列，依次为 II、III、IV 各象限。为了避免在测区内出现负坐标值，原点坐标多定为一个足够大的整数，如图 1-10 中 $x_{\text{原}} = 300\,000\text{m}$ ， $y_{\text{原}} = 500\,000\text{m}$ 。

直角坐标系建立后，地面上各点的位置都可以用坐标 (x, y) 表示。即地面点可用坐标反映在图纸上，图上的点也可以用坐标准确地反映在地面上。假定平面坐标施测完毕以后，尽量与国家坐标系联测（即进行坐标轴的换算）。

(2) 地面点高程的确定

为了确定地面的点位，除了要知道它的平面位置外，还要确定它的高程。

1) 高程。地面点到大地水准面的铅垂距离，称为该点的绝对高程，简称高程，或称海拔，用 H 表示，如图 1-11 所示。地面点 A 、 B 点的绝对高程分别为 H_A 、 H_B 。

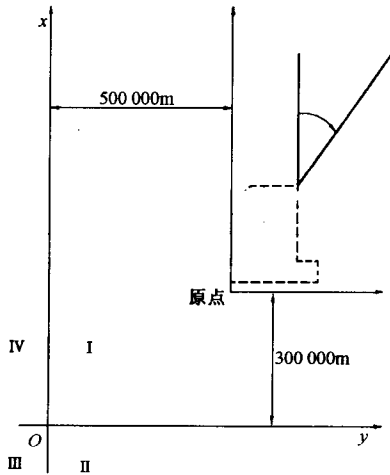


图 1-10 独立平面直角坐标系

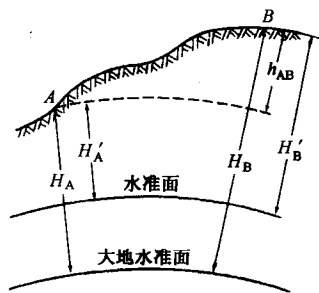


图 1-11 地面点的高程

目前，我国的高程是以采用青岛黄海验潮站历年记录的平均海平面资料，算得青岛水准原点高程为 72.260m，称为“1985 国家高程基准”。全国各地的高程都以它为基准进行测算。

当个别地区采用绝对高程有困难时，可采用假定高程系统，即以任意水准面作为起算高程的基准面。地面点到任一水准面的铅垂距离，称为该点的相对高程或假定高程，如图 1-11 中的 H'_A 、 H'_B 。

在实际工作中，在测区内选择（埋设）一个稳定的点，假定它的高程，测区内其余各点的高程都以它为准进行测量与计算。若有需要，只需与国家水准点联测，即可换算成绝对高程。

2) 高差。地面上两点间的高程之差称为高差，用 h 表示。高差有方向和正负。如图 1-11 所示， A 、 B 两点的高差为

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

由此可见两点间的高差与高程起算面无关。当 h_{AB} 为正时， B 点高于 A 点；当 h_{AB} 为负时，

B 点低于 A 点。

B、A 两点的高差为

$$h_{BA} = H_A - H_B = H'_A - H'_B \tag{1-4}$$

可见 A、B 的高差与 B、A 的高差绝对值相等，符号相反，即 $h_{BA} = -h_{AB}$ 。

(3) 用水平面代替水准面的范围

如前所述，在小范围测区内，可以用水平面来代替水准面。那么，把水准面看成一个水平面，在测量中将会产生多大的误差影响呢？为了讨论的方便，仍假设地球是一个圆球。

1) 对距离的影响。如图 1-12 所示，设地面上 A、B 两点，沿铅垂线方向投影到大地水准面得 A'、B' 两点。用过 A' 点与大地水准面相切的平面来代替大地水准面，则 B 点在水平面上的投影为 C。设 A'C 的长度为 t ，A'B' 的弧长为 s ，则两者之差即为用水平面代替大地水准面所引起的距离误差，用 Δs 表示，则有

$$\Delta s = t - s = R (\tan \theta - \theta) \tag{1-5}$$

将 $\tan \theta$ 用级数展开

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

因为 θ 很小，所以只取前两项代入式 (1-5) 得

$$\Delta s = \frac{1}{3} R \theta^3$$

又因

$$\theta = \frac{s}{R}$$

所以

$$\Delta s = \frac{s^3}{3R^2} \tag{1-6}$$

或

$$\frac{\Delta s}{s} = \frac{s^2}{3R^2} \tag{1-7}$$

以地球半径 $R = 6\,371\text{km}$ 及不同的距离 s 代入式 (1-7) 中，可得到表 1-1 所列的结果。

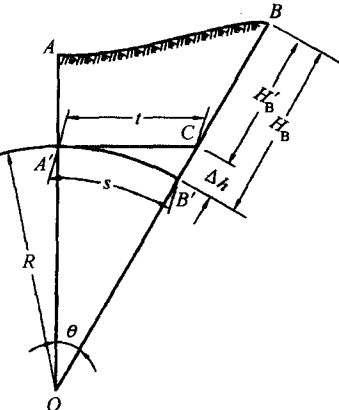


图 1-12 水平面代替水准面的影响

平面代替水准面对距离的影响 表 1-1

s (km)	Δs (cm)	$\Delta s/s$
10	0.82	1:1 217 600
20	6.57	1:304 400
50	102.65	1:48 700

由上表可知，当水平距离为 10km 时，用水平面代替水准面所产生的误差为距离的

1:1 217 600，而目前最精密的量距误差为距离的 1:1 000 000。所以在半径为 10km 的测区范围内进行距离测量时，可以把水准面当作水平面，不必考虑地球曲率的影响。

2) 对高程的影响。如图 1-12 所示，地面点 B 的绝对高程为 H_B 。当用水平面代替大地水准面时，则 B 点的高程应为 H'_B ，其差数即为用水平面代替大地水准面所产生的高程误差，用 Δh 表示，可得

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

$$\Delta h = \frac{t^2}{2R + \Delta h} \tag{1-8}$$

因为 t 和 s 相差较小，取 $t \approx s$ ；又因为 Δh 远小于 R ，取 $2R + \Delta h \approx 2R$ ，代入式 (1-8) 得

$$\Delta h = \frac{s^2}{2R} \tag{1-9}$$

以 $R = 6\,371\text{km}$ 及不同的距离 s 值代入式 (1-9) 便得到表 1-2 所列结果。

水平面代替水准面对高程的影响								表 1-2
s (km)	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
Δh (cm)	0.08	0.31	2.0	7.8	31.0	71	126	196

由表 1-2 可以看出，地球曲率对高程的影响很大。因此，在较短的距离内，也应考虑地球曲率对高程的影响。

课题 3 确定地面点位的三个要素

地面点位可以用它在投影面上的坐标和高程来确定。地面点的坐标和高程，在实际工作中并不是直接测定的，而往往都是通过测量地面点的相互关系，经过推算得到的。在图 1-13 中，如已知 1 点坐标 (x_1, y_1) ，那么通过测量角度 $\alpha, \beta_2, \beta_3, \dots$ 和距离 $D_1, D_2, \dots$ ，就可以运用几何关系推算出 2, 3, $\dots$ 点的坐标。应该注意的是为了测算地面点的坐标，要观测的是它们投影到水平面上以后，投影点之间所组成的角度和边长，即水平角和水平距离，而不是地面点之间所组成的角度和边长。

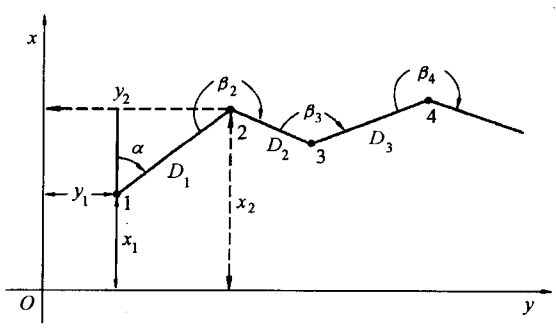


图 1-13 测量工作的基本内容

同理，如果知道 1 点的高程，又测得了各相邻点间的高差，那么 2, 3, $\dots$ 点的高程也可以推算得到。所以测量水平角、水平距离和点位之间的高差就是测量工作的三个主要内容，而 x, y, H 是确定地面点的平面位置和高程三个要素。