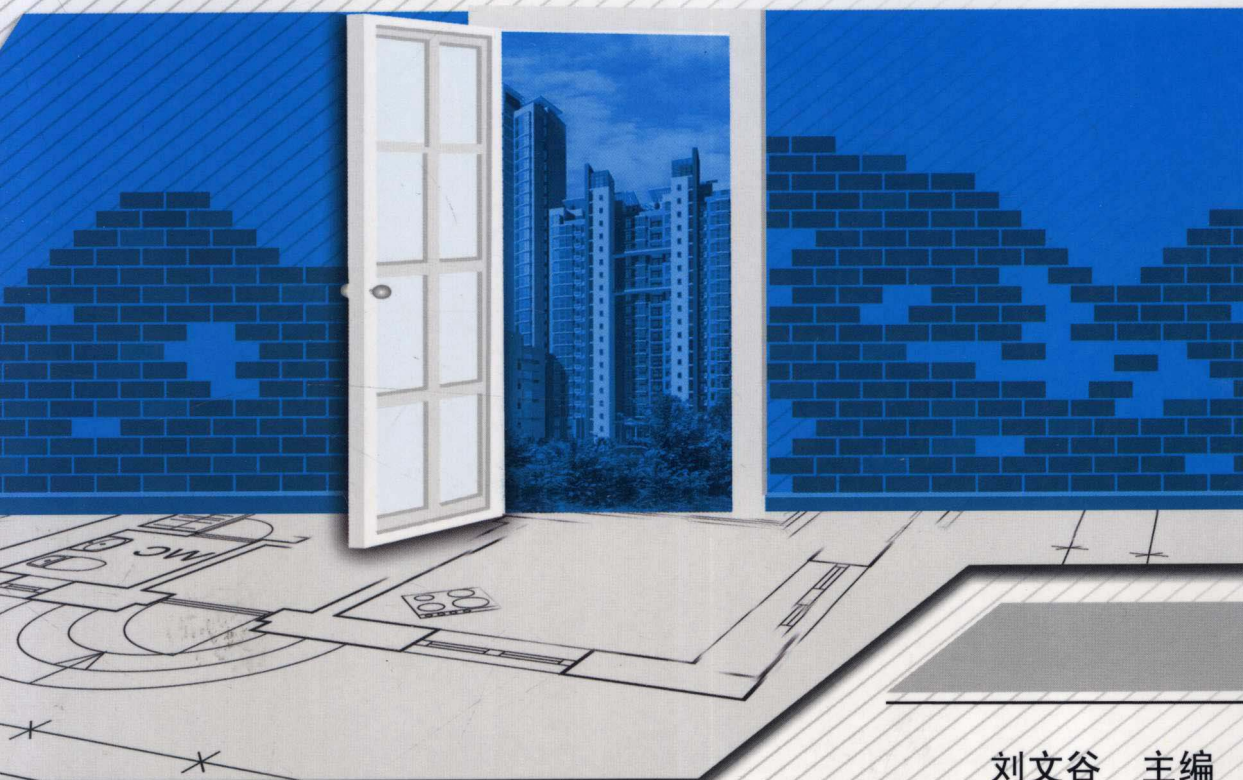




面向“十二五”高等教育课程改革项目成果

建筑工程测量



刘文谷 主编

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

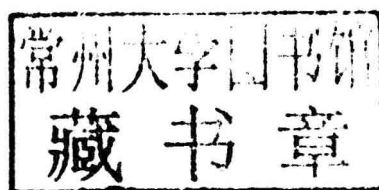
面向“十二五”高等教育课程改革项目成果

建筑工程测量

主 编 刘文谷

副主编 陈金云 王建英

参 编 杨 云 方秉俊 李树芬



内 容 提 要

本书共分为12章,包括绪论、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、测量误差基本知识、小区域控制测量、大比例尺地形图识读和应用、大比例尺地形图测绘、地籍测绘与房产测量、测设基本工作、施工测量、线路工程测量。各章后均附有习题。

本书可作为高等院校土建、房产类专业及其他相关专业教材外,还可作为相关专业函授、自学、岗位培训教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量 / 刘文谷主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2012. 8

ISBN 978-7-5640-6673-4

I. ①建… II. ①刘… III. ①建筑测量—教材 IV. ①TU198

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第196612号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1 / 16

印 张 / 19

字 数 / 415千字

版 次 / 2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷

定 价 / 48.00元

责任编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

对本书内容有任何疑问及建议,请与本书编委会联系。邮箱: bitdayi@sina.com

图书出现印装质量问题,请与本社市场部联系,电话: (010) 68944990

前言 Preface



建筑工程测量

在工程建设中,工程测量是保证建筑工程施工质量的关键环节。为了满足培养建筑工程类专业高级实用型人才对建筑工程测量知识的需要,北京理工大学出版社和本书编者经过精心调研、仔细策划,以编者多年的工程测量教学和施工一线的实践经验为基础,对建筑工程测量知识进行重新组织,参照相关规范编写了这本建筑工程测量教材。

本书在编写过程中参考了工程测量的新标准和新规范,具有较强的教学适用性和较宽的专业适应面。一方面注重建筑工程测量学的系统性,另一方面又突出建筑工程测量的实践性。例如,对地形图测绘及应用部分进行简化,而对仪器操作方面的知识进行了细化,突出了可操作性。本书知识讲解深入浅出,淡化理论推导,注重结论应用。每章后均有“思考与练习”,便于教师教学和学生学习。本书还配套有实训指导书,便于实践教学。

本书由刘文谷任主编,陈金云和王建英任副主编,杨云、方秉俊和李树芬参加编写。具体分工为:刘文谷编写第2章、第3章、第9章,并负责统稿、书稿的初审及版面的初步规划等工作;陈金云编写第4章和第6章;王建英编写第1章和第5章;方秉俊编写第7章和第8章;杨云编写第10章和第11章;李树芬编写第12章。

本书在编写过程中参阅了其他一些院校编写的教材,在参考文献中一并列出,在此对各位作者表示衷心感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中不足之处在所难免,敬请同行和读者批评指正。

编者

目 录 Contents

建筑工程测量

第1章 绪论 / 1

- 1.1 测量学概述 / 1
- 1.2 地面点位的确定方法 / 2
- 1.3 测量的基本工作、原则和程序 / 9
- 1.4 测量中的计量单位 / 10

第2章 水准测量 / 12

- 2.1 水准测量原理 / 12
- 2.2 水准测量的仪器与工具 / 13
- 2.3 普通水准测量 / 20
- 2.4 水准仪检验校正 / 27
- 2.5 水准测量的误差 / 29
- 2.6 精密水准仪和电子水准仪简介 / 30

第3章 角度测量 / 37

- 3.1 水平角及其测量原理 / 37
- 3.2 光学经纬仪观测 / 38
- 3.3 水平角观测 / 44
- 3.4 竖直角观测 / 49

3.5 光学经纬仪的检校 / 53

3.6 电子经纬仪简介 / 56

第4章 距离测量与直线定向 / 61

4.1 钢尺量距 / 61

4.2 电磁波测距 / 64

4.3 视距测量 / 68

4.4 直线定向 / 70

4.5 罗盘仪及其使用 / 75

第5章 测量误差基本知识 / 77

5.1 测量误差概述 / 77

5.2 精度与衡量精度的指标 / 80

5.3 误差传播定律及其应用 / 82

5.4 观测值的算术平均值及其中误差 / 86

第6章 小区域控制测量 / 91

6.1 控制测量概述 / 91

6.2 平面控制测量 / 92

6.3 高程控制测量 / 99

6.4 全站仪简介 / 104

6.5 全球定位系统(GPS)简介 / 105

第7章 大比例尺地形图识读和应用 / 116

7.1 地形图基本知识 / 116

7.2 地形图的应用 / 125

第8章 大比例尺地形图测绘 / 134

8.1 大比例尺地形图测绘原理 / 134

8.2 经纬仪测图 / 137

8.3 全站仪数字测图 / 142

第9章 地籍测绘与房产测量 / 160

9.1 地籍测绘的任务与其成果作用 / 160

9.2 地籍图的测绘 / 161

9.3 地籍调查 / 164

9.4 土地面积测算 / 166

9.5 房产测绘 / 168

第10章 测设基本工作 / 175

10.1 测设基本知识 / 175

10.2 点的平面位置测设 / 178

第11章 施工测量 / 183

11.1 施工测量概述 / 183

11.2 施工控制测量 / 184

11.3 民用建筑施工测量 / 185

11.4 工业厂房施工测量 / 193

11.5 建筑物变形测量和竣工图编绘 / 198

第12章 线路工程测量 / 208

12.1 概述 / 208

12.2 中线测量 / 209

12.3 圆曲线测设 / 213

12.4 缓和曲线测设 / 217

12.5 道路纵、横断面测量 / 223

12.6 道路工程施工测量 / 226

参考文献 / 232

第1章 绪论

1.1 测量学概述

1.1.1 测量学的定义

测量学是研究地球的形状和大小以及确定地面点位的科学，是研究对地球整体及其表面和外层空间中的各种自然和人造物体上与地理空间分布有关的信息进行处理、存储、管理、应用的科学。

测量学的主要内容包括测定和测设两部分。测定是指采集描述地面物体的空间位置信息的工作，即通过使用仪器和工具对地面点位进行测量和计算，从而获得一系列的数据，或根据测得的数据将地球表面的地形缩绘成地形图；测设是将图上设计规划好的建筑物、构筑物的位置通过测量在实地上标定出来。

1.1.2 测量学的作用

原始社会后期，人类就在生产劳动、部落间交往和争战中逐步学会了使用测量手段来了解和利用周围的自然环境，以使自己的活动获得尽可能好的效果。随着社会的发展，测量学在经济规划、军事活动、国家管理、文化教育和科学研究等各个方面都得到了广泛的应用，测量学本身也有较大发展。

1. 在国民经济和社会发展规划中，测量信息是重要的基础信息之一

例如，以地形图为基础，为补充农业专题调查资料编制各种专题图，人们从中可以了解到各类土地利用的现状，土地变化趋势，农田开发建设的水、土、气候等条件，农田和林地、牧地及工业、交通、城镇建设的关系等情况，这些都是农业规划的依据。城市规划、农村规划等各种规划首先要有规划区的地形图。

2. 在工程建设各阶段中，测量是一项重要的工作

在工程建设的各个阶段都需要充分的测量来保证质量。工程项目建设基本上都可划分为勘测设计、施工、竣工验收、生产运营四个阶段。勘测设计阶段，要有精确的测量成果和地形图，才能保证工程的选址、选线、设计得到经济合理的方案。在施工阶段，要通过放样测量把已确定的设计精确地落实到实地上，这对于工程的质量起着相当关键的作用。

竣工测量资料则是工程交付使用后进行妥善管理的很重要的文件。对于大型工程建筑，在使用期间定期进行监测，及时发现建筑物的变形和移位，以便采取措施，防止重大事故的发生，更是不可忽视的环节。

3. 在国防建设中，测量是不可缺少的工具

现代大规模的诸兵种协同作战，精确的测绘成果成图是不可缺少的重要保障。至于远程导弹、空间武器、人造卫星或航天器的发射，要保证它们精确入轨、随时校正轨道和命中目标，除了应测算出发射点和目标点的精确坐标外，还必须掌握地球形状、大小的精确数据和有关地域的重力场资料。

4. 测量工作在发展地球科学和空间科学等现代科学方面具有重要作用

地表形态和地面重力的许多重要变化，有些来源于地壳及其板块构造的运动，有些来源于地球大气圈、生物圈等各种因素的影响。因此，通过对地表形态和地面重力的变化进行分析研究，可以探索地球内部的构造及其变化；通过对地表形态变迁的分析研究，可以追溯各个历史时期地球大气圈、生物圈等各种因素的变化。许多地球科学新理论的建立都是地球物理学者和测量学者共同努力的结果。对空间科学技术的发展来说，测量是不可缺少的基础，同时，空间科学技术的发展也反过来为测量科学技术提供新的手段和新的发展领域。

各种地图在人们的日常生活和社会活动中的作用越来越大。例如，交通图备受司机们的青睐，旅游图已成为度假、旅游等不可缺少的必备之物，等等。

1.2 地面点位的确定方法

1.2.1 地球的形状及大小

古人曾对地球有许多设想，公元前 6 世纪毕达哥拉斯首创地圆说，但是，直到 1519～1522 年间麦哲伦探险队绕地球一周后，地圆说才得到公认。随着科学的发展，科学工作者进行了大量的精密测量工作，发现地球是个近似圆球的椭球，测量学上把它命名为椭球体，并精确地测定了这个椭球体的大小。

测量工作实际上是在地球的自然表面进行的，而地球表面是不规则的，有陆地和海洋之分。地球表面上海洋的面积约占 71%，陆地的面积约占 29%，因此可以把地球的形状看作是海水包围的球体，也就是假想静止不动的水面延伸穿过陆地，包围了整个地球，形成一个闭合的曲面，这个曲面称为水准面。水准面是受地球重力影响而形成的，它的特点是面上任意一点的铅垂线都垂直于该点的曲面，如图 1-1(a)所示。

水面可高可低，符合这个特点的水准面有无数个，其中与平均海水面相吻合的水准面称为大地水准面。大地水准面是测量的基准面，如图 1-1(b)所示。这个大地水准面所包围

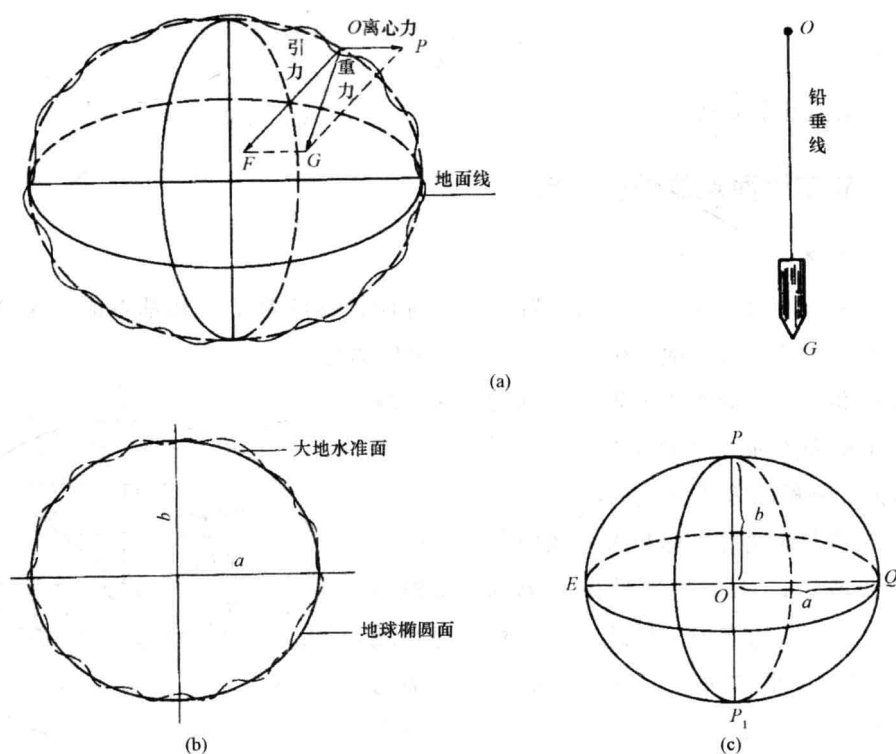


图 1-1 大地水准面与地球椭球

(a)地球重力线；(b)大地水准面；(c)旋转椭球体

的球体，测量上称作大地体。用大地体来形容地球是比较形象的，但是，由于地球的密度不均匀，造成地面各点重力方向没有规律，因而大地水准面是个极不规则的曲面，不能直接用来测图。为了解决这个问题，选择一个非常接近大地水准面并可用数学式表示的几何形体来代表地球总的形状。这个数学形体是由椭圆 PEP_1Q 绕其短轴 PP_1 旋转而成的旋转椭球体，又称地球椭球体。其旋转轴与地球自转轴重合，如图 1-1(c)所示，其表面称为旋转椭球面(参考椭球面)。

决定地球椭球体的大小和形状的元素为椭圆的长半轴 a 、短半轴 b 、扁率 f ，其关系式为

$$f = \frac{a-b}{a} \quad (1-1)$$

随着测绘科学技术的进步，可以越来越精确地确定椭圆元素，目前我国采用的地球椭球体的参数为

$$a = 6\,378.137 \text{ km}$$

$$f = 1 : 298.257$$

由于地球椭球体的扁率很小，当测区面积不大时，可以将地球椭球体看作圆球，其半径 R 按式(1-2)计算：

$$R = \frac{2a+b}{3} \quad (1-2)$$

R 的近似值为 6 371 km。

1.2.2 确定地面点位的坐标系

1. 地理坐标系

地理坐标表示地面点在球面上的位置，按坐标所依据的基本线和基本面的不同以及求坐标方法的不同可分为天文地理坐标和大地地理坐标两种。

以大地水准面为基准面的地理坐标称为天文地理坐标，是表示地面点在大地水准面上的位置，用 λ 和 φ 表示。用天文测量的方法直接测定。

大地原点的大地地理坐标与天文地理坐标一致。

如图 1-2 所示， PP_1 为地球的自转轴（简称地轴）。 P 为北极， P_1 为南极。过地面上任意一点与地轴 PP_1 所组成的平面称为该点的子午面，子午面与球面的交线称为子午线（或经线）。 F 点的经度 λ ，是过 F 点的子午面 $PFKP_1O$ 与通过英国格林尼治天文台的首子午面 $PGMP_1O$ 所组成二面角，自首子午线向东或向西计算，数值为 $0^\circ \sim 180^\circ$ ，在首子午线以东者为东经，以西者为西经。同一子午线上各点的经度相同。

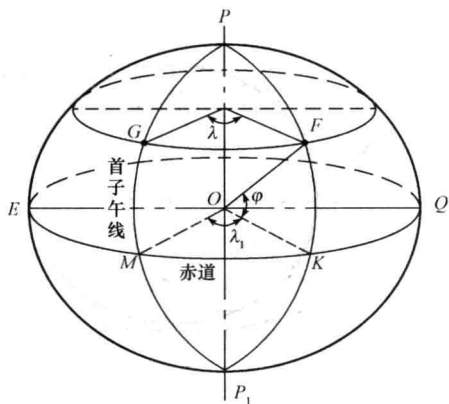


图 1-2 地理坐标

垂直于地轴的平面与地球表面的交线称为纬线，垂直于地轴的平面并通过球心 O 与地球表面相交的纬线称为赤道。 F 点的纬度 φ ，是 F 点的铅垂线 FO 与赤道平面 $EMKQO$ 之间的夹角，自赤道起向南或向北计算，数值为 $0^\circ \sim 90^\circ$ ，在赤道以北为北纬，以南者为南纬。

经度和纬度的值用天文测量方法测定。例如，我国北京中心地区的概括天文坐标为东经 $116^\circ 24'$ ，北纬 $39^\circ 54'$ 。

以法线为依据，以参考椭球面为基准面的地理坐标称为大地地理坐标，表示地面点在旋转椭球面上的位置，用 L 、 B 表示。 F 点的大地经度 L ，就是包含 F 点的子午面和首子午面所夹的两面角； F 点的大地纬度 B ，就是过 F 点的法线（与旋转椭圆球面垂直的线）与赤道面的夹角。大地经、纬度是根据一个起始的大地点（大地原点，该点的大地经纬度与天文经纬度一致）的大地坐标，再按大地测量所得的数据推算而得的。我国现采用“2000 年国家大地坐标系”。

2. 高斯平面直角坐标

地理坐标只能表示地面点在球面上的位置，对地形图测绘等工作来说非常不方便，因此为了把球面上的点换算到平面上，必须将球面坐标转换成直角坐标，我国采用高斯投影的方法进行转换，由于投影具有规律性，因而地面点的高斯平面坐标与大地坐标可以相互转换。

1-4), 第一个 6° 带的中央子午线的经度为 3° , 任意一个带中央子午线经度, 可按式(1-3)计算:

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

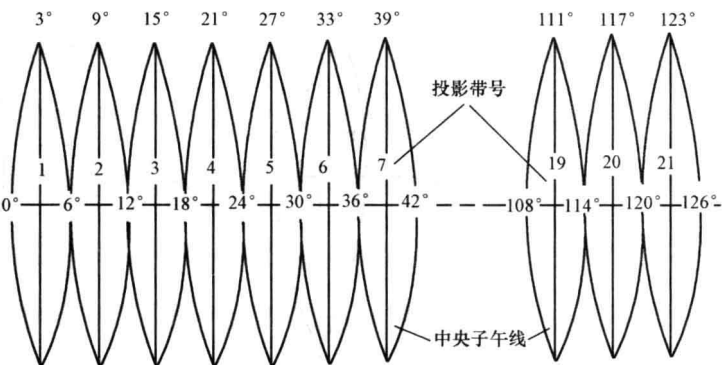
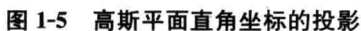


图 1-4 6°带中央子午线及带号

坐标横轴 y ，两轴的交点作为坐标原点 O ，组成高斯平面直角坐标系。

 $y_A = 500\ 000 + 295\ 680 = 795\ 680\text{ m}$, $y_B = 500\ 000 - 392\ 400 = 107\ 600\text{ m}$ 。

为了根据横坐标值确定某点位于哪一个 6° 带内, 则在横坐标值前冠以带号。例如, A

点位于第 18 带内, 则其横坐标值 $y_A=18\,705\,680\text{ m}$ 。

高斯投影中, 能使球面图形的角度与平面图形的角度保持不变, 但任意两点间的长度却产生变形(投影在平面上的长度大于球面长度), 称为投影长度变形。离中央子午线愈远则变形愈大, 变形过大对于测图和用图都是不方便的。 6° 带投影后, 其边缘部分的变形能满足 $1:25\,000$ 或更小比例尺测图的精度, 当进行 $1:10\,000$ 或更大比例尺测图时, 要求投影变形更小, 可采用 3° 分带投影法或 1.5° 分带投影法。

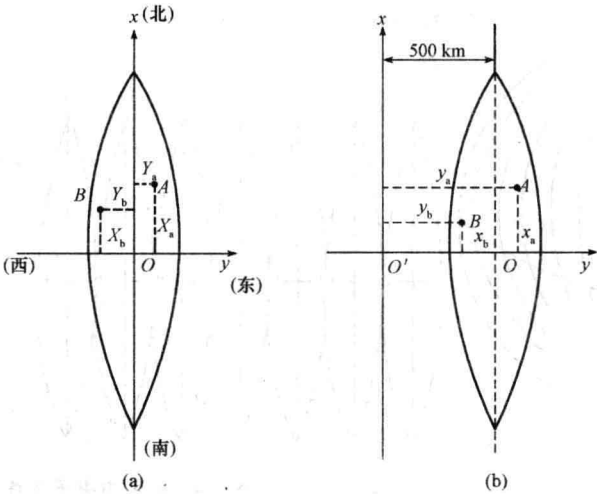


图 1-6 高斯平面直角坐标

3. 独立平面直角坐标

当测量的范围较小时, 可直接把球面当做平面看待, 将地面点铅垂投影到水平面上, 以南北方向为 x 轴方向, 向北为正; 东西方向为 y 方向, 向东为正; 一般将坐标原点选在测区西南角外, 使坐标均为正值(图 1-7)。

测量所用的平面直角坐标系和数学所采用的平面直角坐标系有些不同: 数学中的平面直角坐标系的横轴为 x 轴、纵轴为 y 轴, 象限按逆时针方向编号; 而测量学中则横轴为 y 轴、纵轴为 x 轴, 象限按顺时针方向编号。其原因是测量学中是以南北方向作为角度的起算方向, 同时将象限按顺时针方向编号便于将数学中的公式直接应用到测量计算中去(图 1-8)。

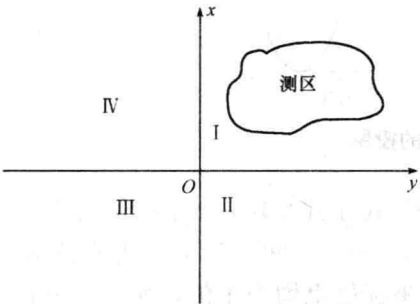


图 1-7 独立坐标系的建立

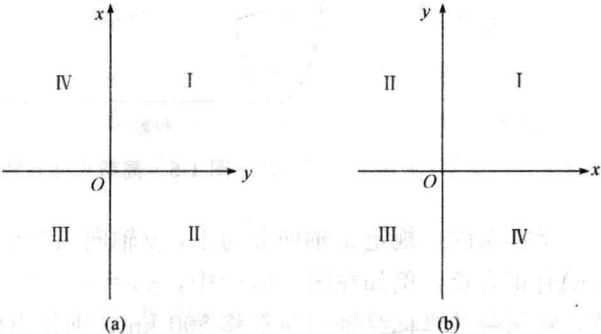


图 1-8 测量坐标系和数学坐标系的区别

(a)测量坐标系;(b)数学坐标系

1.2.3 地面点的高程

地面点到大地水准面的铅垂距离称为绝对高程或海拔,简称高程。如图 1-9 所示, A、B 两点的绝对高程分别为 H_A 、 H_B 。

在局部地区,若无法知道绝对高程时,也可以假定一个水准面作为高程起算面,地面点到假定水准面的铅垂距离称为相对高程或假定高程。A、B 点的相对高程分别以 H'_A 、 H'_B 表示。

地面两点高程的差称为高差,用 h 表示。A、B 两点的高差为

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

由此说明:高差的大小与高程起算面无关。

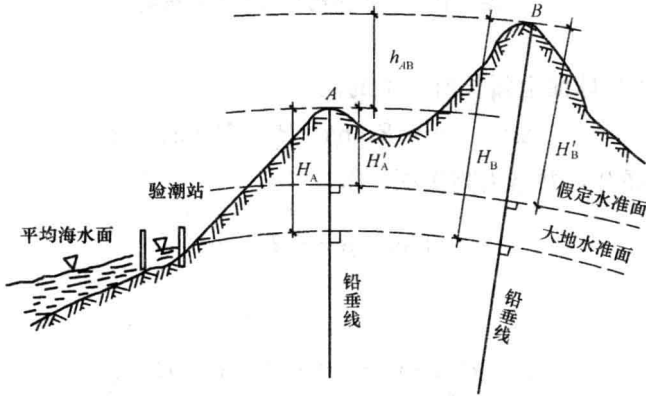


图 1-9 高程和高差

我国采用“1985 年国家高程基准(National Vertical Datum 1985)”,它是根据青岛验潮站 1952 至 1979 年的观测资料确定的黄海平均海面(其高程为零)作为高程起算面,并在青岛观象山建立了水准原点,水准原点的高程为 72.260 4 m,全国各地的高程均以它为基准进行推算。

1.2.4 用水平面代替水准面的限定

水准面是一个曲面,曲面上的图形投影到平面上,总会产生一定的变形。用水平面代替水准面,其产生的变形不超过测量容许的误差,则完全是可以的。以下讨论以水平面代替水准面对距离和高程测量的影响,以便明确可以代替的范围,或者在什么情况下须加以改正。

1. 对水平距离的限定

如图 1-10 所示,设球面 P 与水平面 P' 在 A 点相切, A、B 两点在球面上的弧长为 s , 在水平面上的距离为 s' , 球的半径为 R , AB 所对球心角为 β (弧度), 则

$$s' = R \cdot \tan \beta$$

$$s = R \cdot \beta$$

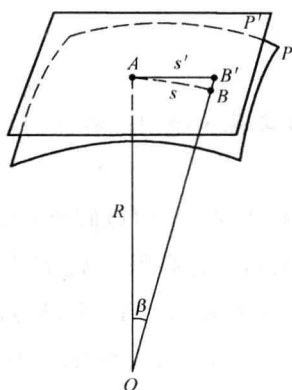


图 1-10 水平面代替水准面的影响

以水平长度 s' 代替球面上弧长所产生的误差为

$$\Delta s = s' - s = R \tan \beta - R \beta = R (\tan \beta - \beta)$$

将 $\tan \beta$ 按级数展开，并略去高次项，得

$$\tan \beta = \beta + \frac{1}{3} \beta^3 + \dots$$

因而近似得到

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

以 $\beta = s/R$ 代入上式，得

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

或

$$\frac{\Delta s}{s} = \frac{1}{3} \left(\frac{s}{R} \right)^2 \quad (1-6)$$

取 $R = 6\,371\text{ km}$ ，并以不同的 s 值代入上式，则可以得出距离误差 Δs 和相对误差 $\Delta s/s$ ，见表 1-1。

表 1-1 水平面代替水准面的距离误差 Δs 和相对误差 $\Delta s/s$

距离 S/km	距离误差 $\Delta s/\text{cm}$	相对误差 $\Delta s/s$
10	0.8	1 : 120 000 0
25	12.8	1 : 200 000
50	102.7	1 : 490 00
100	821.2	1 : 12 000

由表 1-1 可知，当距离为 10 km 时，以平面代替曲面所产生的距离相对误差为 1 : 120 万，这样微小的误差，就是在地面上进行最精密的距离测量也是容许的。因此，在半径为 10 km 的范围内，即面积约 300 km^2 内，以用水平面代替水准面所产生的距离误差 Δs 和相对误差 $\Delta s/s$ 可以忽略不计。

2. 高程测量的限定

在图 1-10 中, A、B 两点在同一水准面上, 其高程应相等。B 点投影到水平面上得 B' 点, 则 BB' 即为以水平面代替水准面所产生的高程误差。设 $BB' = \Delta h$, 则

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

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

上式中, 用 s 代替 s' , 同时 Δh 与 $2R$ 相比可以忽略不计, 则

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

以不同的距离代入上式, 则可以得出相应高程误差值, 见表 1-2。

表 1-2 以水平面代替水准面所产生的高程误差

s/km	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1	2	5	10
$\Delta h/\text{cm}$	0.08	0.3	0.7	1.3	2	8	31	196	785

由表 1-2 可知, 以水平面代替水准面, 在 1 km 的距离上高程误差就有 8 cm。因此, 当进行高程测量时, 应顾及水准面曲率(又称地球曲率)的影响。

1.3 测量的基本工作、原则和程序

测量工作的实质是确定地面点的空间位置, 即点的坐标 x 、 y 和高程 H 。但点的坐标 x 、 y 和高程 H 不能直接测定, 必须通过测量工作测出点位关系的基本要素, 从而计算出 x 、 y 、 H 。

1.3.1 测量的基本工作

如图 1-11 所示, 已知 B 点坐标和 BA 方向, 只要测出水平角 β , BP 间水平距离 D_{BP} 和高差 h_{BP} , 就确定了点 P 的空间位置。由此可见, 点之间的空间位置关系是以水平角、距离、高差来确定的, 因此, 高程测量、水平角测量和距离测量是测量的三项基本工作。

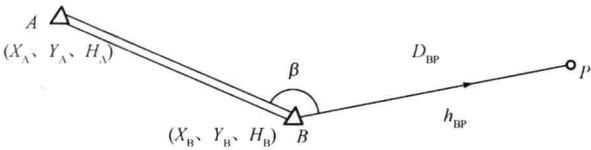


图 1-11 测量的基本工作

1.3.2 测量工作的原则和程序

被测地区的地形千差万别, 但可将其分为地物和地貌两类。地物是指地面上的固定物