

21 世纪高等职业教育通用教材

# 建筑工程测量

徐广翔 主编

上海交通大学出版社

## 内 容 提 要

本书共分十一章,主要内容包括普通测量和建筑测量两部分。

绪论、第一、二、三章系统介绍了普通测量的基本理论、基本知识和常用测量仪器的构造、使用及检验校正方法;第四章介绍了测量误差的基本知识;第五章介绍了建筑控制测量;第六章介绍了大比例尺地形图的基本知识及其应用;第七、八章重点介绍了地形图的测绘。第九、十、十一章介绍了民用、工业、线路工程中常用的测量技术方法。

本书可作为高职高专院校建筑工程、城市规划、给排水等专业的教材,还可作为上述专业的函授、自学、成人教育教材,亦可供建筑工程技术人员和测绘人员参考。

# 21 世纪高等职业教育通用教材

## 编 审 委 员 会

### 主 任 名 单

(以姓氏笔划为序)

#### 编审委员会顾问

叶春生 詹平华

#### 编审委员会名誉主任

李 进 李宗尧

#### 编审委员会主任

闵光太 潘立本

#### 编审委员会常务副主任

东鲁红

#### 编审委员会副主任

孔宪思 王俊堂 王继东 白玉江

冯拾松 匡亦珍 朱懿心 吴惠荣

李 光 李坚利 陈 礼 赵祥大

洪申我 饶文涛 秦士嘉 黄 斌

董 刚 薛志信

# 序

发展高等职业教育,是实施科教兴国战略、贯彻《高等教育法》与《职业教育法》、实现《中国教育改革与发展纲要》及其《实施意见》所确定的目标和任务的重要环节;也是建立健全职业教育体系、调整高等教育结构的重要举措。

近年来,年轻的高等职业教育以自己鲜明的特色,独树一帜,打破了高等教育界传统大学一统天下的局面,在适应现代社会人才的多样化需求、实施高等教育大众化等方面,做出了重大贡献。从而在世界范围内日益受到重视,得到迅速发展。

我国改革开放不久,从1980年开始,在一些经济发展较快的中心城市就先后开办了一批职业大学。1985年,中共中央、国务院在关于教育体制改革的决定中提出,要建立从初级到高级的职业教育体系,并与普通教育相沟通。1996年《中华人民共和国职业教育法》的颁布,从法律上规定了高等职业教育的地位和作用。目前,我国高等职业教育的发展与改革正面临着很好的形势和机遇:职业大学、高等专科学校和成人高校正在积极发展专科层次的高等职业教育;部分民办高校也在试办高等职业教育;一些本科院校也建立了高等职业技术学院,为发展本科层次的高等职业教育进行探索。国家学位委员会1997年会议决定,设立工程硕士、医疗专业硕士、教育专业硕士等学位,并指出,上述学位与工程学硕士、医学科学硕士、教育学硕士等学位是不同类型的同一层次。这就为培养更高层次的一线岗位人才开了先河。

高等职业教育本身具有鲜明的职业特征,这就要求我们在改革课程体系的基础上,认真研究和改革课程教学内容及教学方法,努力加强教材建设。但迄今为止,符合职业特点和需求的教材却还不多。由泰州职业技术学院、上海第二工业大学、金陵职业大学、扬州职业大学、彭城职业大学、沙洲职业工学院、上海交通高等职业技术学校、上海交通大学技术学院、上海汽车工业总公司职工大学、立信会计高等专科学校、江阴职工大学、江南学院、常州技术师范学院、苏州职业大学、锡山职业教育中心、上海商业职业技术学院、潍坊学院、上海工程技术大学等百余所院校长期从事高等职业教育、有丰富教学经验的资深教师共同编写的《21世纪高等职业教育通用教材》,将由上海交通大学出版社等陆续向读者朋友推出,这是一件值得庆贺的大好事,在此,我们表示衷心的祝贺。并向参加编写的全体教师表示敬意。

高职教育的教材面广量大,花色品种甚多,是一项浩繁而艰巨的工程,除了高职院校和出版社的继续努力外,还要靠国家教育部和省(市)教委加强领导,并设立高等职业教育教材基金,以资助教材编写工作,促进高职教育的发展和改革。高职教育以培养一线人才岗位与岗位群能力为中心,理论教学与实践训练并重,二者密切结合。我们在这方面的改革实践还不充分。在肯定现已编写的高职教材所取得的成绩的同时,有关学校和教师要结合各校的实际情况和实训计划,加以灵活运用,并随着教学改革的深入,进行必要的充实、修改,使之日臻完善。

阳春三月,莺歌燕舞,百花齐放,愿我国高等职业教育及其教材建设如春天里的花园,群芳争妍,为我国的经济建设和社会发展作出应有的贡献!

# 前 言

根据目前高职高专院校建筑工程专业培养目标和教学的基本要求,以培养高等技术应用性专门人才为根本任务,加强学生知识、应用能力、素质结构的培养,并结合测绘科学的发展状况,我们在本书的编写原则、选材范围、学时安排等问题上进行了深入广泛的探讨。在广泛调研和征求意见的基础上,本着科学性、实用性、先进性的指导思想,系统介绍基本理论和基本知识。在编写中力求体系完整,内容简练,文字流畅,认真贯彻现行的国家标准、规范。做到贴近生产、注重技能、满足新世纪高等职业技术教育改革要求。除系统介绍普通测量的基本理论、基本知识、测量仪器的构造、使用和检验校正等以外,还介绍了电子水准仪、电子经纬仪、光电测距仪、全站仪、全球卫星定位系统(GPS)、激光定位仪、数字化测图系统等新仪器、新技术和新方法。

本书由徐广翔担任主编。

本书的绪论、第一、二、四、五章由山西工业职业技术学院徐广翔编写;第三章由辽宁工程技术大学职业技术学院王占利编写;第六章由太原理工大学大同学院郭玉社编写;第七、八、九、十、十一章由山西工业职业技术学院李建民编写。

山西大同大学工学院孙金礼主审全书,并提出了宝贵的修改意见,对此我们表示衷心的感谢。

作者在编写过程中参阅了大量文献,在此谨向有关文献的作者表示衷心感谢!由于作者水平有限,虽然尽了很大努力,书中难免存在疏漏及不妥之处,敬请各院校师生和广大读者批评指正。

编者

2005年04月

# 目 录

绪论	1
第一节 测量学的组成及其应用	1
第二节 地面点位置的确定	3
第三节 水平面代替水准面的限度	7
第一章 水准测量	11
第一节 水准测量原理	11
第二节 水准测量的仪器和工具	12
第三节 水准仪的使用方法	13
第四节 水准测量方法	15
第五节 水准测量成果计算	20
第六节 微倾式水准仪的检验及校正	24
第七节 水准测量误差	28
第八节 自动安平水准仪和电子水准仪	32
第二章 角度测量	38
第一节 角度测量原理	38
第二节 光学经纬仪	39
第三节 水平角观测	44
第四节 竖直角观测	49
第五节 经纬仪的检验和校正	52
第六节 角度测量误差	55
第七节 电子经纬仪及其使用	56
第三章 距离测量与直线定向	61
第一节 钢尺量距	61
第二节 视距测量	68
第三节 光电测距	71
第四节 直线定向	77
第四章 测量误差的基本知识	83
第一节 测量误差的来源与分类	83
第二节 观测值的算术平均值	86

第三节	评定精度的标准 .....	87
第四节	误差传播定律 .....	90
第五章	控制测量 .....	95
第一节	控制测量概述 .....	95
第二节	导线测量 .....	97
第三节	小三角测量 .....	107
第四节	交会测量 .....	111
第五节	高程控制测量 .....	116
第六节	全球定位系统(GPS)简介 .....	119
第六章	地形图的基本知识 .....	128
第一节	地形图的比例尺 .....	128
第二节	地形图的分幅和编号 .....	130
第三节	地物及地貌的表示方法 .....	134
第四节	地形图的识读 .....	142
第五节	地形图的基本应用 .....	144
第七章	地形图测绘 .....	153
第一节	测图前的准备工作 .....	153
第二节	地形图测绘方法简介 .....	157
第三节	经纬仪测图方法 .....	159
第四节	大平板仪测图 .....	162
第五节	小平板仪与经纬仪联合测图 .....	165
第六节	地物地貌测绘 .....	166
第七节	地形图绘制 .....	172
第八章	全站仪与数字化测图 .....	175
第一节	全站仪及其使用 .....	175
第二节	全野外数据采集 .....	182
第三节	数字化测图方法 .....	186
第九章	施工测量的基本工作 .....	193
第一节	施工测量概述 .....	193
第二节	测设的基本工作 .....	194
第三节	测设点的平面位置 .....	199
第十章	建筑施工测量 .....	203
第一节	建筑场地的施工控制测量 .....	203

---

---

第二节	民用建筑施工中的测量工作·····	206
第三节	工业厂房构件的安装测量·····	209
第四节	高层建筑物施工测量·····	212
第五节	激光定位技术的应用·····	213
第六节	竣工总平面图的编绘·····	219
第十一章	线路测量·····	221
第一节	线路初测·····	221
第二节	线路纵横断面测量·····	222
第三节	曲线测量·····	225
第四节	线路施工测量·····	229
第五节	桥涵施工测量·····	234
参考文献	·····	238

# 绪 论

## 第一节 测量学的组成及其应用

### 一、测量发展史

我国 2000 多年前的夏商时代,为了治水开始了水利工程测量工作。司马迁在《史记》中对夏禹治水有这样的描述:“陆行乘车,水行乘船,泥行乘橇,山行乘攀,左准绳,右规矩,载四时,以开九州,通九道,陂九泽,度九山。”所记录的是当时的工程勘测情景,准绳和规矩就是当时所用的测量工具,准是可找平的水准器,绳是丈量距离的工具,规是画圆的器具,矩则是一种可定平、测长度、高度、深度和画圆画矩形的通用测量仪器。早期的水利工程多为河道的疏导,以利防洪和灌溉,其主要的测量工作是确定水位和堤坝的高度。秦代李冰父子领导修建的都江堰水利枢纽工程,曾用一个石头人来标定水位,当水位超过石头人的肩时,下游将受到洪水的威胁;当水位低于石头人的脚背时,下游将出现干旱。这种标定水位的办法与现代水位测量的原理完全一样。北宋时沈括为了治理汴渠,测得“京师之地比泗州凡高十九丈四尺八寸六分”,是水准测量的结果。1973 年从长沙马王堆汉墓出土的地图包括了地形图、驻军图和城邑图三种,不仅所表示的内容相当丰富,绘制技术也非常熟练,在颜色使用、符号设计、内容分类和简化等方面都达到了很高水平,是目前世界上发现的最早的地图,这与当时测绘术的发达是分不开的。

20 世纪初,由于西方的第一、二次技术革命和工程建设规模的不断扩大,工程测量学受到人们的重视,并发展成为测绘学的一个重要分支。以核子、电子和空间技术为标志的第三次技术革命,使工程测量学获得了迅速的发展。20 世纪 50 年代,世界各国在建设大型水利建筑、隧道、城市地铁中,对工程测量提出了一系列新的要求;20 世纪 60 年代,空间技术的发展和导弹发射场建设促使工程测量进一步发展;20 世纪 70 年代以来,高能物理、天体物理、人造卫星、宇宙飞行、远程武器发射等,需要建设各种巨型实验室,从测量精度和仪器自动化方面都对工程测量提出了更高的要求。20 世纪末,人类科学技术不断向着宏观宇宙和微观粒子世界延伸,测量对象不仅限于地面而且深入地下、水域、空间和宇宙,如核电站、摩天大楼、海底隧道、跨海大桥、大型正负电子对撞机等。由于仪器的进步和测量精度的提高,工程测量的领域日益扩大,除了传统的工程建设三阶段的测量工作外,在地震观测、海底探测、巨型机器、机床、设备的荷载试验、高大建筑物(电视发射塔、冷却塔)变形观测、文物保护,甚至在医学上和罪证调查中,都应用了最新的精密工程测量仪器和方法。

### 二、测量学的组成

测量学(Surveying)测量学是研究对地球表面和外层空间中的各种自然物体和人造物体与地理空间分布有关的信息进行采集、处理、更新和利用的技术。按其研究的对象和应用范围

的不同包括以下几类学科。

### 1. 大地测量学(Geodesy)

大地测量学是研究和确定地球形状、大小、重力场、整体与局部运动和地表面点的几何位置以及它们的变化之理论和技术的学科。其基本任务是建立国家大地控制网,测定地球的形状、大小和重力场,为地形测图和各种工程测量提供基础起算数据;为空间科学、军事科学及研究地壳变形、地震预报等提供重要资料。按照测量手段的不同,大地测量学又分为常规大地测量学、卫星大地测量学及物理大地测量学等。

### 2. 工程测量学(Engineering surveying)

工程测量学是研究各种工程建设在勘测、设计、施工和管理阶段中所进行的一系列测量工作的理论和方法的学科。

### 3. 地形测量学(Topographic surveying)

地形测量学是研究如何将地球表面局部区域内的地物、地貌及其他有关信息测绘成地形图的理论、方法和技术的学科。按成图方式的不同地形测图可分为模拟化测图和数字化测图。

### 4. 摄影测量学与遥感技术(Photogrammetry and remote sensing)

摄影测量学与遥感技术是研究利用电磁波传感器获取目标物的影像数据,从中提取语义和非语义信息,并用图形、图像和数字形式表达的学科。其基本任务是通过拍摄影像或遥感图像进行处理、量测、解译,以测定物体的形状、大小和位置进而制作成图。根据获得影像的方式及遥感距离的不同,本学科又分为地面摄影测量学、航空摄影测量学和航天遥感测量学等。

### 5. 地图制图学(Cartography)

地图制图学是研究模拟和数字地图的基础理论、设计、编绘、复制的技术、方法以及应用的学科。它的基本任务是利用各种测量成果编制各类地图,其内容一般包括地图投影、地图编制、地图整饰和地图制印等分支。

## 三、测量学在工程建设中的应用

现代测量学作为一门能采集和表示各种地物和地貌的形状、大小、位置等几何信息,以及能把设计的建筑物、设备等按设计的形状、大小和位置准确地在地面标定出来的技术,在各种工程建设中的应用愈来愈广泛。例如:勘测设计阶段为选线测制带状地形图;建筑物在施工期间和建成后由于地基承载力弱或因自重和外力的作用而产生下沉变形;大坝可能位移、高层建筑物可能倾斜;为了保障建筑物的安全运行,往往需要测量工作者以技术上可行的最高精度监测建筑物的变形量和变形速度的发展情况,有时还要求在一段时间内进行连续监测,为此使用自动化的监测和记录仪器等。总之,测量工作的任务有以下三个方面。

- ① 研究确定地球的形状和大小,为科学研究提供必要的数据和资料。
- ② 将地球表面的地物地貌测绘成图。
- ③ 将图纸上的设计成果测设至现场。

## 四、学习本课程的基本要求

根据建筑测量的研究对象和特点,本课程的内容包括普通测量和施工测量两部分。普通测量主要介绍地面点位的确定、高程测量的仪器和方法、角度测量的仪器和方法、距离测量的仪器和方法、地形图基本知识、大比例尺地形图的测绘方法。施工测量主要介绍施工控制网的建立、典型工程的施工测量、道路工程测量。本课程具有很强的实践性,学习中应该在弄清基本概念、基本理论的基础上,通过课堂学习、课间实验、课后实习,掌握测量仪器的结构和使用方法。

### 第二节 地面点位置的确定

测量工作的实质就是确定地面点的位置,是通过在基准面上建立坐标系,并测定点位之间的距离、角度和高差三个基本量来实现的。下面简要介绍地球的形状和大小、基准面和坐标系。

#### 一、地球的形状和大小

地球的表面是极不规则的,其表面有海洋岛屿、江河湖泊、平原盆地、高山丘陵。陆地最高山峰珠穆朗玛峰高出海平面8 848.13m,海底最深处马里亚纳海沟深达11 022m,相对高差近20km。尽管有这样大的高低起伏,但与地球平均半径6 371km相比起来是微不足道的。同时,就整个地球表面而言,海洋面积约占71%、陆地仅占29%。因此,假想由静止的海水面延伸穿过陆地与岛屿形成的闭合曲面与地球的总形体拟合,这个曲面称为水准面。在测量学中,任何一个自由静止的水面均称为水准面。在地球重力场中水准面处处与重力方向正交,重力方向线称为铅垂线,它是测量工作的基准线。由于受潮汐影响,海水水面时高时低动态变化,因此水准面有无穷多个,通常把通过平均海水面的水准面称为大地水准面。大地水准面是测量工作的基准面。大地水准面所包裹的地球形状称为大地体,大地体就代表了地球的形状和大小。

由于地球内部质量分布的不均匀性,使得铅垂线方向发生不规则变化,处处与重力方向正交的大地水准面也就不是一个规则的数学面,而是一个表面有微小起伏的复杂曲面。在这个面上无法进行测量工作的计算,于是人们选择了一个与大地体的形状和大小较为接近的经过测量理论研究和实践证明的旋转椭球体来代替大地体,如图0-1所示,并通过定位使旋转椭球体与大地体的相对关系固定下来,这个旋转椭球体称为参考椭球体。参考椭球体的表面是一个可以用数学公式表达的规则曲面,它是测量计算和投影制图的基准面。

参考椭球体的形状和大小,通常用其长半轴 $a$ ,短半轴 $b$ 和扁率 $\alpha$ 描述,只要知道其中两个元素,即可确定椭球体的形状和大小。

我国1954年北京坐标系采用前苏联的克拉索夫斯

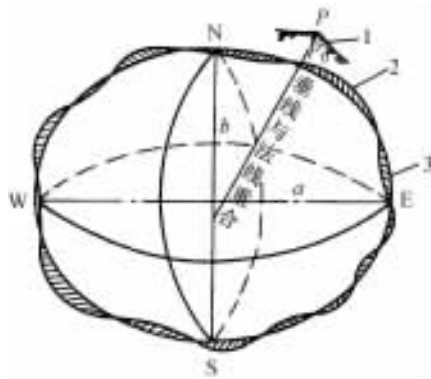


图0-1 地球表面与大地水准面及参考椭球体相互关系示意图

1-地球表面; 2-大地水准面;  
3-参考椭球体

基椭球体元素,其值为:

$$\text{长半轴} \quad a=6\,378\,254\text{m}$$

$$\text{扁率} \quad \alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.3}$$

我国 1980 年西安坐标系采用国际大地测量与地球物理协会 (IUGG) 推荐的椭球元素,其值为:

$$\text{长半轴} \quad a=6\,378.137\text{km}$$

$$\text{短半轴} \quad b=6\,356.752\text{km}$$

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

1980 年西安坐标系命名为 1980 年国家大地坐标系,大地原点设在陕西省西安市泾阳县永乐镇。

由于参考椭球体的扁率很小,在普通测量中又近似地把大地体视为圆球体,其半径采用与参考椭球体等体积的圆半径,其值为:

$$R = \frac{1}{3}(a+a+b) \approx 6\,371\text{km}$$

## 二、确定地面点位置的方法

地面点的位置是由该点在椭球面上的位置(地理坐标)或投影在水平面上的平面位置(平面坐标)及该点到大地水准面的铅垂距离(高程)来表示的。

### (一) 地面点的坐标

#### 1. 地理坐标

地理坐标用经度和纬度表示地面点的位置。如图 0-2 所示,  $O$  为地心,  $PP'$  为地球旋转轴, 简称地轴, 通过地轴的平面称为子午面(图 0-2 中的平面  $PMP'$ ), 子午面与地球表面的交线称为子午线(经线)。过地心  $O$  垂直于地轴的平面称为赤道面(图 0-2 中  $QMM_0Q'$ ), 赤道面与地球表面的交线称为赤道。确定地面点的地理坐标时以赤道面和通过英国格林尼治天文台的起始子午面(亦称首子午面)作为基准面。

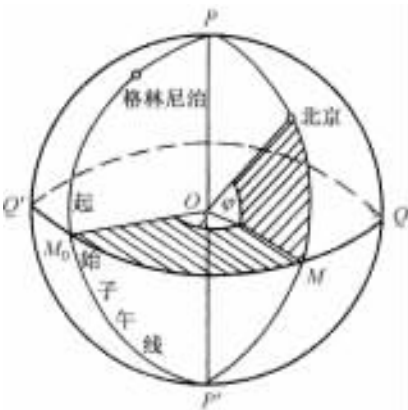


图 0-2 地理坐标示意图

地面上任意一点的经度,即为通过该点的子午面与首子午面间的夹角。以首子午线为基准,向东  $0^\circ \sim 180^\circ$  为东经,向西  $0^\circ \sim 180^\circ$  为西经。经度相同的点的连线称为经线。

地面上任意一点的纬度,是通过该点的铅垂线与赤道面的夹角。以赤道为基准,向北  $0^\circ \sim 90^\circ$  为北纬,向南  $0^\circ \sim 90^\circ$  为南纬。纬度相同的点的连线称为纬线。

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,分别用  $L$ 、 $B$  表示;以铅垂线为依据,以大地水准面为基准面的地理坐标称为天文地理坐标,

分别用  $\lambda, \phi$  表示。天文地理坐标是用天文测量的方法直接测定的;而大地地理坐标是用根据起始的大地原点的坐标推算的。大地原点的天文地理坐标和大地地理坐标是一致的。

## 2. 高斯平面直角坐标

地理坐标是球面坐标,只能表示地面点在球面上的位置,观测、计算、绘图较为复杂,不能直接用于测绘大比例尺地形图和建筑图。因此,必须将地面点的地理坐标转换成平面直角坐标。椭圆面上的点的坐标不能直接转换成平面坐标,只有通过一定的投影方法才能将椭圆面上的点、线、面投影到平面上。这种投影要产生变形,即投影变形,包括长度变形、面积变形和角度变形。

投影的方法很多,归纳起来可分为三大类,即等角投影、等面积投影和任意投影。根据中华人民共和国大地测量法规定,我国采用高斯-克吕格正形投影的方法,习惯简称为高斯投影,它是一种等角投影。国家标准《建筑测量规范》中规定:建筑测量统一采用高斯投影。这种建立在高斯投影面上的直角坐标系统称为高斯平面直角坐标系。

高斯投影是将地球看作一个圆球,设想用一个空心横圆柱体套在地球外面,使横圆柱的中心轴位于赤道面内并通过球心,让圆柱面与地球球面上某一子午线相切,该子午线称为中央子午线,如图0-3(a)所示。将中央子午线东西两侧球面上的图形按一定的数学法则投影到圆柱面上,然后将圆柱面沿着通过南北两极的母线切开展平,即得到高斯投影的平面图形,如图0-3(b)所示。

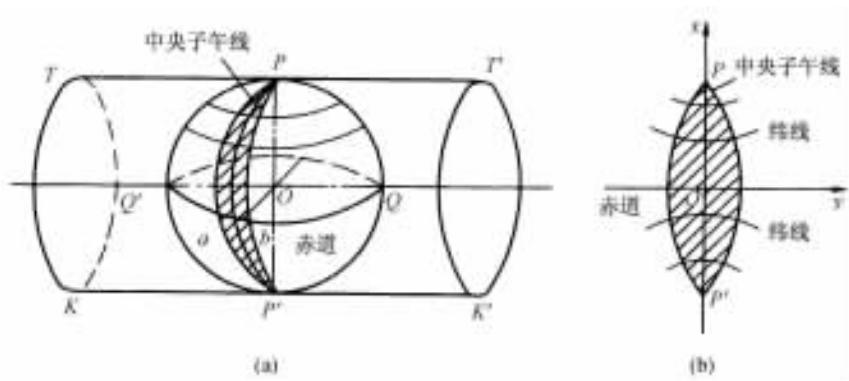


图 0-3 高斯投影示意图

高斯投影前后所有角度保持不变,故高斯投影亦称为等角投影或正形投影。在投影后的高斯平面上,中央子午线投影为直线,与赤道垂直且长度保持不变,其余子午线的投影为对称于中央子午线的弧线,而且距中央子午线越远长度变形越大。为了将长度变形控制在允许的范围之内,一般采用分带投影的方法,以经差  $6^\circ$  或  $3^\circ$  来限定投影带的宽度,简称  $6^\circ$  带或  $3^\circ$  带,如图0-4所示。

$6^\circ$ 带是从起始子午线开始,自西向东每隔  $6^\circ$ 划分一带。整个地球划分为 60 带,用数字1~60 顺序编号。 $6^\circ$ 带中央子午线的经度依次为  $3^\circ, 9^\circ, 15^\circ, \dots, 357^\circ$ ,可按式计算:

$$\lambda_6 = 6^\circ N - 3^\circ \quad (0-1)$$

式中:  $\lambda_6$ —— $6^\circ$ 带中央子午线的经度;

$N$ —— $6^\circ$ 带的带号。

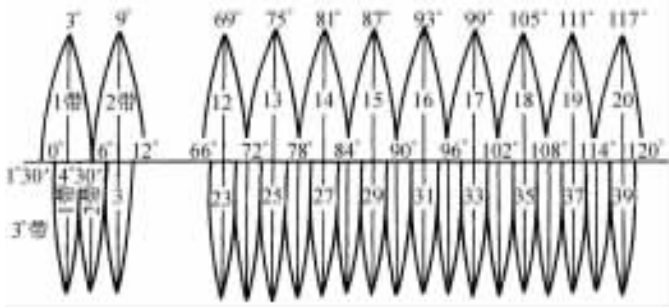


图 0-4 投影带示意图

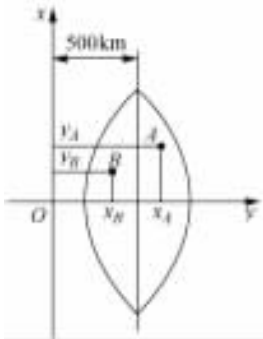
3°带从东经1.5°子午线开始,自西向东每隔3°划分为一带,整个地球划分为120个投影带,用数字1~120顺序编号。3°带的中央子午线的经度依次为3°,6°,9°,⋯,360°,可按下式计算:

$$\lambda_3 = 3^\circ N' \quad (0-2)$$

式中:  $\lambda_3$ ——3°带中央子午线的经度;

$N'$ ——3°带的带号。

将每个投影带沿边界切开,展成平面,以中央子午线为纵轴向北为正,向南为负;赤道为横轴向东为正、向西为负,两轴的交点为坐标原点,这样,就组成了高斯平面直角坐标系,如图0-5所示。我国位于北半球,纵坐标为正号、横坐标有正有负。为了避免横坐标出现负值,通常将每带的坐标原点向西移500km,这样无论横坐标的自然值是正还是负,加上500km后均能保证每点的横坐标为正值。为了表明地面点位于哪一个投影带内,在横坐标前加上投影带号,因此,高斯平面直角坐标系的横坐标实际上是由带号、500km以及自然坐标值三部分组成的。这样的横坐标称为国家统一坐标系,或称为横坐标通用值。

图 0-5 高斯平面  
坐标系

如图0-5所示,设A、B两点位于第20号投影带内, $y_A = 3868.5\text{m}$ , $y_B = -6482.3\text{m}$ ,加上500km后 $y_A = 500000 + 3868.5 = 503868.5\text{m}$ , $y_B = 500000 - 6482.3 = 493517.7\text{m}$ ,加上带号,则其横坐标的通用值为 $y_A = 20503868.5\text{m}$ , $y_B = 20493517.7\text{m}$ 。

由横坐标通用值可以看出,若小数点前第六位数小于5,则表示该点位于中央子午线西侧,其横坐标自然值为负;反之,位于东侧,自然值为正。在我国领域内,6°带在13~23之间,而3°带在25~45之间,没有重叠带号,因此,根据横坐标通用值就可以判定投影带是6°带还是3°带。

由于城市工程放样的需要,城市测量对投影变形的限制很严,要求变形小于0.025m/km,即投影误差应不超过1/40000,所以城市测量的中央子午线一般定在城市中央,它们不一定是3°带或6°带的中央子午线,而是任意中央子午线。大中城市的坐标系统一般是高斯正投影任意带平面直角坐标系,且与国家坐标系统进行了联测,可以进行坐标转换。

### 3. 独立平面直角坐标

当城镇的测量范围较小且与国家坐标系无法联测时,可以把该地区的球面直接当作平面,

将地面点直接投影到水平面上,用平面直角坐标表示点的平面位置。

建筑测量使用的直角坐标系与数学上的坐标系基本相似,但纵坐标轴为  $x$  轴,正向朝北;横坐标轴为  $y$  轴,正向朝东。象限按顺时针方向编号,对直线方向的表示从坐标纵轴( $x$ 轴)的北端开始,顺时针度量至待定向的直线,与数学上的顺序恰好相反。采用这样的表示方法,是为了直接采用数学上的公式进行坐标计算,而不必另行建立数学模型。为了使坐标不出现负值,一般把坐标原点选择在测区的西南角。如图0-6所示。

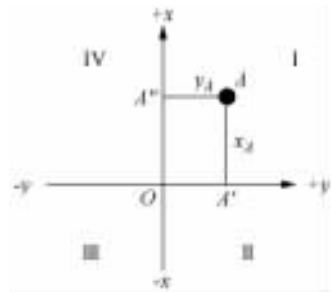


图 0-6 独立平面直角坐标系

## (二) 地面点的高程

### 1. 绝对高程

地面点沿铅垂线方向到大地水准面的距离称为该点的绝对高程,亦称海拔,简称高程。用  $H$  表示。如图0-7所示,地面点  $A$ 、 $B$  的绝对高程分别为  $H_A$ 、 $H_B$ 。 $A$ 、 $B$  两点的高差

$$h_{AB} = H_B - H_A \quad (0-3)$$

即地面两点间的高差等于两点的高程之差。

目前,我国采用 1985 年国家高程基准,它是将与黄海平均海水面相吻合的大地水准面作为全国高程系统的基准面,在该基准面上绝对高程为零。1985 年国家高程基准是经国务院批准、1987 年颁布命名在全国统一使用的高程基准。这个基准是以青岛验潮站根据 1952~1979 年的验潮资料计算确定的平均海水面作为基准面的高程基准,国家水准原点(青岛原点)的高程为 72.260m。

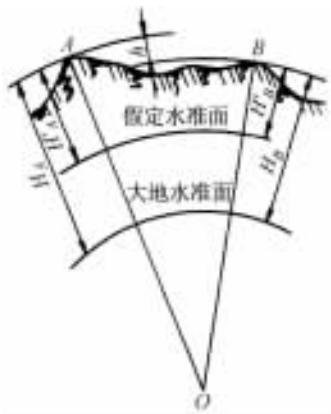


图 0-7 绝对高程和相对高程

### 2. 假定高程

地面点沿铅垂线方向到任意假定水准面的距离称为该点的假定高程,也称为相对高程。如图0-7所示,地面点  $A$ 、 $B$  的假定高程分别为  $H'_A$ 、 $H'_B$ 。

由图0-7可看出, $A$ 、 $B$  两点的高差

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (0-4)$$

在测量工作中,一般只采用绝对高程,只有在偏僻地区没有已知的绝对高程点可以引测时,才采用假定高程。

## 第三节 水平面代替水准面的限度

如前所述,当测区的范围较小时,可以把该地区球面看成水平面。那么在多大范围内能用水平面代替水准面,并能满足测图用图的精度要求呢?这就必须讨论用水平面代替水准面时,对距离、高程、角度测量的影响,明确可以代替的范围和必要时应加的改正数。

## 一、水平面代替水准面对距离的影响

如图0-8所示,设地面上两点  $A$ 、 $B$ ,沿铅垂线方向投影到大地水准面上得到  $A'$ 、 $B'$ ,如果用过  $A$  点与大地水准面相切的水平面代替大地水准面, $B$  点在水平面上的投影为  $C$ , $A$ 、 $B$  两点在大地水准面上投影  $A'$ 、 $B'$  的弧长为  $s$ ,投影到水平面上的距离为  $t$ ,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  $\Delta s$  表示,则:

$$\Delta s = t - s = R \tan \theta - R\theta = R(\tan \theta - \theta) \quad (0-5)$$

式中:  $R$  —— 地球曲率半径 6371km;

$\theta$  ——  $s$  对应的圆心角,单位弧度。

将  $\tan \theta$  用级数展开:

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

因为  $\theta$  很小,所以只取前两项,代入式(0-5)得:

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

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

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

$$\frac{\Delta s}{s} = \frac{s^2}{3R^2} \quad (0-6)$$

将  $R$  和不同的  $s$  代入式(0-6),计算出的  $\Delta s$  和  $\Delta s/s$ ,见表0-1。可以看出,当距离为10km时,产生的距离相对误差为1/(120万),而目前测量工作中精密距离测量的最小允许误差为1/(100万)。因此,可以得出结论,半径在10km范围之内,地球曲率对距离的影响可以忽略不计,可用水平面代替水准面,对于建筑测绘和一般市政建筑工程而言,工作范围半径可以扩大到20km。

表 0-1 用水平面代替水准面对距离和高程的影响

距离 $D/\text{km}$	距离误差 $\Delta D/\text{mm}$	距离相对误差 $\Delta D/D$	高程误差 $\Delta h/\text{mm}$	距离 $D/\text{km}$	距离误差 $\Delta D/\text{mm}$	距离相对误差 $\Delta D/D$	高程误差 $\Delta h/\text{mm}$
0.5	0.004	1/(25 000 万)	38.8	10	8.2	1/(120 万)	7 850.0
1.0	0.008	1/(12 500 万)	78.5	20	128.3	1/(19.5 万)	49 050.0

## 二、水平面代替水准面对高程的影响

如图0-8所示,地面点的绝对高程为  $H$ ,当用水平面代替水准面时, $B$  点的高程为  $H_B'$ ,则其差值即为用水平面代替水准面所产生的高程误差,用  $\Delta h$  表示,可得:

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

因为  $t$  与  $s$  的相差很小,以  $s$  代替  $t$ ,由上式可得:

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

上式中,  $\Delta h$  与  $R$  比较可以忽略不计, 于是上式可变为:

$$\Delta h = \frac{s^2}{2R} \quad (0-7)$$

将  $R$  和不同的  $s$  代入式(0-7), 计算出的  $\Delta h$  见表0-1。可以看出, 用水平面代替水准面所产生的高程误差, 随着距离的平方而增加, 所以就高程测量而言, 地球曲率对其影响, 即使在较小的距离范围内也应考虑。

### 三、水平面代替水准面对水平角的影响

由球面三角学知道, 平面三角形内角和为  $180^\circ$ , 球面三角形内角和则比平面三角形内角和大一个球面角  $\epsilon$ , 它的大小与图形面积成正比。由计算表明, 在地球上如多边形的面积为  $100\text{km}^2$ , 则  $\epsilon$  不大于  $0.6''$ 。由此看来, 曲率对水平角的影响, 只有在大范围高等级平面控制测量中才加以考虑, 一般小范围内的测量可以忽略不计。

### 四、测量常用的计量单位

#### 1. 长度单位

国际通用的长度单位为 m(米), 我国法定计量单位规定采用米制。

1 公里(km) = 1 000 米(m), 1 米(m) = 10 分米(dm) = 100 厘米(cm) = 1 000 毫米(mm)

1 海里(n mile) = 1.852 公里(km)

#### 2. 面积单位

面积单位为  $\text{m}^2$ (平方米), 大面积用  $\text{km}^2$ (平方公里)。

#### 3. 角度单位

测量上常用的角度单位有三种: 60 进制的度, 100 进制的新度和弧度。

60 进制单位:

1 圆周角 =  $360^\circ$

1 度( $^\circ$ ) = 60 分( $'$ )

1 分( $'$ ) = 60 秒( $''$ )

100 进制单位:

1 圆周角 =  $400^g$

1 新度( $^g$ ) = 100 新分( $^c$ )

1 新分( $^c$ ) = 100 新秒( $^{cc}$ )

弧度单位:

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  $\rho$  表示, 按度分秒计算的弧度为:

此为试读, 需要完整PDF请访问:  $\rho^\circ = 360^\circ / 2\pi \approx 57.3^\circ$  www.ertongbook.com