



交通职业教育教学指导委员会推荐教材  
高职高专院校道路桥梁工程技术专业教学用书

高等职业教育规划教材

# 工程测量

主编 田文 主审 谢远光



人民交通出版社  
China Communications Press

交通职业教育教学指导委员会推荐教材  
高职高专院校道路桥梁工程技术专业教学用书

高等职业教育规划教材

# 工 程 测 量

Gongcheng Celiang

主编 田 文

主审 谢远光

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书是交通职业教育教学指导委员会推荐教材,由路桥工程学科委员会组织编写。主要内容包括:绪论,水准测量,角度测量,距离测量与直线定向,电磁波测距仪与全站仪,测量误差及其基本知识,小区域控制测量,地形图的测绘和应用,道路中线测量,路线的纵、横断面测量,施工测量,全书共11章。书中标有\*者为选修内容。

本书是高职高专院校道路桥梁工程技术专业教学用书,也可供相关专业教学使用,或作为有关专业继续教育及职业培训教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

工程测量/田文主编. —北京:人民交通出版社,  
2005.7

ISBN 7-114-05609-5

I. 工… II. 田… 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066800号

书 名:工程测量

著 者:田 文

责任编辑:王文华

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)85285838,85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:15

字 数:368千

版 次:2005年8月第1版

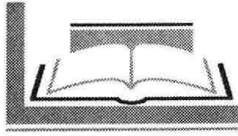
印 次:2005年8月第1次印刷

书 号:ISBN 7-114-05609-5

印 数:0001-5000册

定 价:26.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



交通职业教育教学指导委员会  
路桥工程学科委员会

主任：柴金义

副主任：金仲秋 李加林 夏连学

委员：（按姓氏笔画为序）

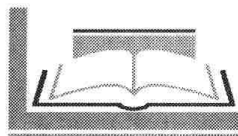
于敦荣 王 亮 李全文 张贵元

张洪滨 陆春其 周志坚 俞高明

郭发忠 施 斌 梁金江 程兴新

谢远光 彭富强

秘书：伍必庆



## 出版说明

CHUBAN SHUOMING

为深入贯彻落实《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》及全国普通高等学校教学工作会议的有关精神,深化教育教学改革,提高道路桥梁工程技术专业的教学质量,按照教育部“以教育思想、观念改革为先导,以教学改革为核心,以教学基本建设为重点,注重提高质量,努力办出特色”的基本思路,交通职业教育教学指导委员会路桥工程学科委员会在总结教育部路桥专业教学改革试点的 6 所交通高职高专院校办学实践经验的基础上,经过反复调研和讨论,制定了三年制“高职高专院校道路桥梁工程技术专业教学指导方案”,随后又组织全国 20 多所交通高职高专院校道路桥梁工程技术专业的教师编写了 18 门课程的规划教材。

本套教材依据教育部对高职高专人才培养目标、培养规格、培养模式及与之相适应的知识、技能、能力和素质结构的要求进行编写。为使教材中所阐述的内容反映最新的技术标准和规范,路桥工程学科委员会还组织有关人员参加了新技术和新规范学习班。

按照 2004 年 10 月路桥工程学科委员会所确定的编写原则,本套教材力求体现如下特点:

1. 结构合理性。按照道路桥梁工程技术专业以培养技能型人才为主线的要求,对传统的专业技术基础课和专业课程进行了整合,教材的体系设计合理,循序渐进,符合学生心理特征和认知及技能养成规律。所编写的教材更适合高职教育的特点,强调现代教学技术应用的需要和教学课件的应用,以节省教学成本和提高教学效果。每章列有教学要求、本章小结和复习思考题,便于学生学习本章核心内容。

2. 知识实用性。体现以职业能力为本位,以应用为核心,以实用、实际、实效为原则,紧密联系生活、生产实际,及时反映现阶段公路交通行业发展和公路交通科技进步对道路桥梁工程技术专业人员的需要,采用最新的技术标准、规范和规程。加强教学针对性,与相应的职业资格标准相互衔接。在内容的取舍方面,在以适应当前工作岗位群实际需要为主基调的同时,为将来的发展趋势留有接口。

3. 职业教育性。渗透职业道德和职业意识教育,体现就业导向,有助于学生树立正确的择业观。教材中所选编的习题、例题,均来自工程实际,不仅剪表性强,而且对解决实际问题具有较强的针对性。在教材编写中注重培养学生爱岗敬业、团队精神和创业精神,树立安全意识和环保意识。

4. 使用灵活性。本套教材体现了教学内容弹性化、教学要求层次化、教材结构模块化,

有利于按需施教,因材施教。

《工程测量》是高职高专院校道路桥梁工程技术专业规划教材之一,内容包括:绪论,水准测量,角度测量,距离测量与直线定向,电磁波测距仪与全站仪,测量误差及其基本知识,小区域控制测量,地形图的测绘和应用,道路中线测量,路线的纵、横断面测量,施工测量。

参加本书编写工作的有:湖北交通职业技术学院田文(编写第一、二、三、四、七、八章)、杨太秀(编写第六章,第九章的第一、二、三、四、五节),四川交通职业技术学院谢峰(编写第五章,第九章的第六、七、八、九、十节),山西交通职业技术学院李培荣(编写第十章),广西交通职业技术学院莫品疆(编写第十一章)。全书由田文担任主编,重庆交通学院应用技术学院谢远光担任主审。

本套教材是路桥工程学科委员会委员及长期从事道路桥梁工程技术专业教学与工程实践的教师们工作经验的总结。但是,随着各项改革的逐步深化,书中难免有错误之处,敬请广大读者批评指正。

本套教材在编写过程中,得到了交通职业教育教学指导委员会的关心与指导,全国各交通职业技术学院的领导也给予了大力支持,在此,向他们表示诚挚的谢意。

交通职业教育教学指导委员会

路桥工程学科委员会

2005年5月

<b>第一章 绪论</b> .....	1
第一节 测量学的任务与作用 .....	1
第二节 地面点位的确定方法 .....	3
第三节 测量工作概述 .....	7
复习思考题 .....	9
<b>第二章 水准测量</b> .....	10
第一节 水准测量原理 .....	10
第二节 水准仪和水准尺 .....	11
第三节 水准仪的技术操作 .....	15
第四节 普通水准测量 .....	16
第五节 微倾式水准仪的检验与校正 .....	21
第六节 自动安平水准仪 .....	24
第七节 电子水准仪简介 .....	27
第八节 水准测量注意事项 .....	29
复习思考题 .....	31
<b>第三章 角度测量</b> .....	34
第一节 角度测量原理 .....	34
第二节 光学经纬仪 .....	35
第三节 水平角测量 .....	39
第四节 竖直角测量 .....	42
第五节 经纬仪的检验与校正 .....	45
第六节 电子经纬仪简介 .....	50
第七节 角度测量注意事项 .....	55
复习思考题 .....	57
<b>第四章 距离测量与直线定向</b> .....	60
第一节 钢尺量距 .....	60
第二节 直线定向 .....	65
第三节 罗盘仪的构造与使用 .....	67
复习思考题 .....	69
<b>第五章 电磁波测距仪与全站仪</b> .....	70
第一节 相位法光电测距基本原理 .....	70

第二节	操作和使用测距仪	71
第三节	全站仪的使用及保养	75
	复习思考题	81
<b>第六章</b>	<b>测量误差及其基础知识</b>	<b>82</b>
第一节	测量误差的分类	82
第二节	算术平均值	85
第三节	评定观测值精度的标准	86
* 第四节	误差传播定律	89
	复习思考题	95
<b>第七章</b>	<b>小区域控制测量</b>	<b>96</b>
第一节	概述	96
第二节	导线测量	98
* 第三节	小三角测量	114
第四节	高程控制测量	123
第五节	卫星全球定位系统(GPS)简介	128
	复习思考题	134
<b>第八章</b>	<b>地形图的测绘与应用</b>	<b>136</b>
第一节	概述	136
第二节	地物和地貌在图上的表示方法	138
第三节	视距测量	144
第四节	测图前的准备工作	147
第五节	地形图的测绘	148
第六节	地形图的应用	152
第七节	地理信息系统(GIS)简介	157
	复习思考题	163
<b>第九章</b>	<b>道路中线测量</b>	<b>165</b>
第一节	概述	165
第二节	交点和转点的测设	166
第三节	路线转角的测定和里程桩的测设	169
第四节	圆曲线的主点测设	172
第五节	圆曲线的详细测设	173
第六节	遇障碍时圆曲线的测设	177
第七节	缓和曲线的测设	181
第八节	复曲线的测设	187
第九节	回头曲线的测设	189
第十节	用全站仪测设道路中线	190
	复习思考题	194
<b>第十章</b>	<b>路线的纵、横断面测量</b>	<b>196</b>
第一节	概述	196



第二节	基平测量	196
第三节	中平测量	197
第四节	横断面测量	200
	复习思考题	203
<b>第十一章</b>	<b>施工测量</b>	<b>205</b>
第一节	概述	205
第二节	施工放样的基本方法	205
第三节	道路施工测量	208
第四节	桥梁施工测量	213
第五节	隧道施工测量	218
	复习思考题	226
	参考文献	227

## 第一章

# 绪 论

### 教学要求

1. 叙述测量学的任务与作用；
2. 描述地面点位的确定方法；
3. 描述测量的基本原理和方法。

## • 第一节 测量学的任务与作用 •

### 一、测量学的任务与作用

测量学是测定地面点的空间位置,将地球表面地形和其他地理信息测绘成图,研究并确定地球形状和大小的科学。它的任务与作用包括测绘和测设两个方面。测绘是测定地球表面的自然地貌及人工构造物的平面位置及高程,并按一定比例尺缩绘成图,供国防工程及国民经济建设的规划、设计、管理和科学研究用。测设是将设计图上的工程构造物的平面位置和高程在实地标定出来,作为施工的依据。

随着近代科学技术的迅猛发展和社会生产的广泛需要,测量学已发展为以下几门彼此紧密联系又自成体系的分支学科,它包括:

普通测量学——研究地球表面较小区域内测绘工作的基本理论、技能、方法及普通测量仪器的使用技术和比例尺地形图测绘与应用的学科,是测量学的基础部分。

大地测量学——研究在较大区域内建立高精度大地控制网,测定地球形状、大小和地球重力场的理论、技术及方法的学科。由于人造地球卫星的发射和空间技术的发展,大地测量学又分为常规大地测量学和卫星大地测量学以及空间大地测量学。大地测量工作为其他测量工作提供高精度的起算数据,也为空间科学技术和国防建设提供精确的点位坐标、距离、方位及地球重力场资料,并为与地球有关的科学研究提供重要的资料。

摄影测量学——研究利用摄影手段来获得被测物体的图像信息,从几何和物理方面进行分析处理,对所摄对象的本质提供各种资料的一门学科。由于摄影取得的信息能真实和详尽地记录摄影瞬间客观景物的形态,具有良好的量测精度和判读性能,因此摄影测量除用于常规测绘摄影区域的地形图外,还广泛应用于建筑、考古、生物、医学、工业等领域,如桥梁变形观测、汽车碰撞试验、爆炸过程监视和动态目标测量等方面。

工程测量学——研究工程建设在勘测设计、施工过程和管理阶段所进行的各种测量工作

的学科。主要内容有:工程控制网的建立、地形测绘、施工放样、设备安装测量、竣工测量、变形观测和维修养护测量等。工程测量学是一门应用科学,它是在数学、物理学等有关学科的基础上应用各种测量技术解决工程建设中实际测量问题的学科。随着激光技术、光电测距技术、工程摄影测量技术、快速高精度空间定位技术在工程测量中的应用,工程测量学的服务面愈来愈广,特别是现代大型工程的建设,大大促进了工程测量学的发展。

我国的测量技术有着悠久的历史,在几千年的文明历史中有着许多关于测量的记载,如战国时期就发明了世界上最早的指南针,东汉张衡发明的浑天仪,西晋裴秀提出的《制图体系》,到18世纪初清康熙年间,进行了大规模的大地测量,于1718年完成了世界上最早的地形图之一——《皇舆全图》。新中国成立后,测绘事业得到了迅速的发展,成立了国家和地方测绘管理机构,建立了全国天文大地控制网,统一了全国大地坐标和高程系统,测绘了国家基本地形图,在测绘人才培养、测绘科研等方面都取得了巨大的成就。尤其是现代科学技术的发展,测量内容由常规的大地测量发展到人造卫星大地测量;由空中摄影测量发展到遥感技术的应用;被测对象由地球表面扩展到空间,由静态发展到动态;测量仪器已广泛趋向电子化和自动化。

## 二、公路工程测量的任务和作用

测量在公路工程建设中占有非常重要的地位,从公路与桥梁的勘测设计,到施工放样、竣工检测无不用到测绘技术。例如公路在建设之前,为了确定一条经济合理的路线,必须进行路线勘测,绘制带状地形图和纵、横断面图,并在图上进行路线设计,然后将设计路线的位置标定在地面上,以便进行施工。当路线跨越河流时,必须建造桥梁,在建桥之前,测绘桥址河流两岸的地形图,测量河床断面、水位、流速、流量和桥梁轴线的长度,以便设计桥台和桥墩的位置,最后将设计位置测设到实地。当路线跨越高山时,为了降低路线的坡度,减少路线的长度,多采用隧道穿越高山。在隧道修建之前,应测绘隧址大比例尺地形图,测定隧道轴线、洞口、竖井等位置,为隧道设计提供必要的的数据。在隧道施工过程中还需要不断地进行贯通测量,以保证隧道构造物的平面位置和高程正确贯通。

道路、桥梁、隧道工程竣工后,要编制竣工图,供验收、维修、加固之用。在营运阶段要定期进行变形观测,确保道路、桥梁、隧道构造物的安全使用。可以说,路、桥、隧的勘测、设计、施工、竣工及养护维修的各个阶段都离不开测量技术。

为此,本教材将重点讲述普通测量学和公路工程测量学的基本理论、方法、仪器和技能;适当介绍测量新技术和新仪器在公路工程建设中的应用,如全球卫星定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、电子经纬仪、全站式光电速测仪在高等级公路路线测量中的应用等内容。

根据路桥工程的特点,结合我国交通事业的发展,路桥专业及相关专业的学生在学习完本课程以后,要求达到:

- (1)掌握普通测量学及公路工程测量学的基本理论和基本方法;
- (2)随着科技的发展,测量仪器不断地更新换代,要求不仅能正确地使用现代各种测量仪器和工具,而且要掌握各类仪器测量的原理,以便在将来的工程中能及时地应用每一种新型的仪器和工具,适应测量方面新技术、新理论的发展;
- (3)能采用不同的仪器、利用多种方法正确地进行小区域大比例尺的地形测绘;
- (4)在公路勘测、设计和施工中,具有正确应用地形图和有关测量资料的能力,如根据图

纸进行地形分析、施工前的放样分析等；

(5)掌握路桥方面的工程专题,即掌握公路中线测量、基平测量、中平测量、纵横断面图测量及绘制,掌握施工放样的基本方法,能完成路基边桩、边坡、竖曲线以及涵洞的放样,能测定桥梁中线、进行桥梁墩台的中心定位,了解隧道的有关测量。

## ● 第二节 地面点位的确定方法 ●

纵观测量学的研究内容和应用情况,无论是普通测量或是工程测量,最基本的测量内容是确定地面点的空间位置,因此有必要建立一个能表达地面点的空间位置的定位体系。

我们知道,地面点是相对于地球定位的。如果选择一个能代表地球形状和大小且相对固定的理想曲面作为测量的基准面,就可以用地面点在基准面上的投影位置和高度来确定地面点的空间位置。

### 一、测量的基准面

实际测量工作是在地球的自然表面上进行的,而地球自然表面是很不规则的,有陆地、海洋、高山和平原。通过长期的测绘工作和科学调查了解到:地球表面上海洋面积约占 71%,陆地面积占 29%。人们把地球总的形状看作是被海水包围的球体,也就是设想有一个静止的海水面,向陆地延伸而形成一个封闭的曲面,我们把这个静止的海水面称为水准面。水准面是一个处处与重力方向垂直的连续曲面,如图 1-1a)所示。

水准面在小范围内近似一个平面,而完整的水准面是被海水包围的封闭曲面。因为符合上述水准面特性的水准面有无数个,其中最接近地球形状和大小的是通过平均海水面的那个水准面,这个惟一而确定的水准面叫大地水准面,大地水准面就是测量的基准面,如图 1-1b)所示。

由于地球内部质量分布不均匀,导致地面上各点的重力方向(即铅垂线方向)产生不规则的变化,因而大地水准面实际上是一个有微小起伏的不规则曲面。如果将地面上的图形投影到这个不规则的曲面上,将无法进行测量计算和绘图,为此必须用一个和大地水准面的形状非常接近的可用数学公式表达的几何形体来代替大地水准面。在测量上是选用椭圆绕其短轴旋转而成的参考旋转椭球体面作为测量计算的基准面,如图 1-1c)所示。

目前我国所采用的参考椭球体是“1980 年国家大地坐标系”,其参考椭球体元素为:

$$\left. \begin{array}{l} \text{长半轴} \quad a = 6378140\text{m} \\ \text{短半轴} \quad b = 6356755.3\text{m} \\ \text{扁率} \quad \alpha = (a - b) / a = 1/298.257 \end{array} \right\} \quad (1-1)$$

当测区范围不大时,可以把地球椭球体当作圆球看待,取其半径为 6371km。

### 二、地面点的测量坐标系统

地面点在投影面上的坐标,根据具体情况,可选用下列三种坐标系统中的一种来表示。

#### 1. 大地坐标系

在大地坐标系中,地面点在旋转椭球面上的投影位置用大地经度  $L$  和大地纬度  $B$  来表

示,如图 1-2 所示。NS 为椭球的旋转轴,N 表示北极,S 表示南极, $O$  为椭球中心。

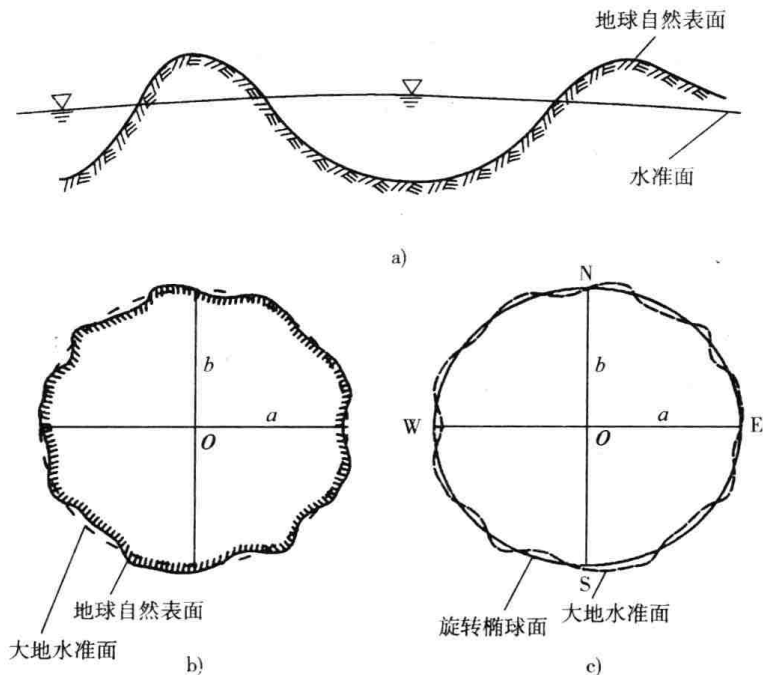


图 1-1

通过椭球中心与椭球旋转轴正交的平面称为赤道平面。赤道平面与地球表面的交线称为赤道。

通过椭球旋转轴的平面称为子午面。其中通过英国伦敦原格林尼治天文台的子午面称为起始子午面。子午面与椭球面的交线称为子午线。

图 1-2 中  $P$  点的大地经度就是通过该点的子午面与起始子午面的夹角,用  $L$  表示。从起始子午面起算,向东自  $0^\circ \sim 180^\circ$  称为东经,向西自  $0^\circ \sim 180^\circ$  称为西经。

$P$  点的大地纬度就是该点的法线(与椭球面垂直的线)与赤道面的交角,用  $B$  表示。从赤道面起算,向北自  $0^\circ \sim 90^\circ$  称为北纬,向南自  $0^\circ \sim 90^\circ$  称为南纬。

大地经度  $L$  和大地纬度  $B$  统称大地坐标。地面点的大地坐标是根据大地测量数据由大地原点(大地坐标原点)推算而得的。我国“1980 年国家大地坐标系”的大地原点位于陕西省泾阳县永乐镇境内,在西安市以北约 40km 处。以前使用的“1954 年北京坐标系”是建国初期从原苏联引测过来的。

## 2. 高斯平面直角坐标系

在研究大范围的地球形状和大小,必须用大地坐标表示地面点的位置才符合实际。但在绘制地形图时,只能将参考椭球面上的图形用地图投影的方法描绘到纸的平面上,这就需要用地图投影方法建立一个平面直角坐标系。我国从 1952 年开始采用高斯投影作为地形图的基本投影,并以高斯投影的方法建立了高斯平面直角坐标系。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。

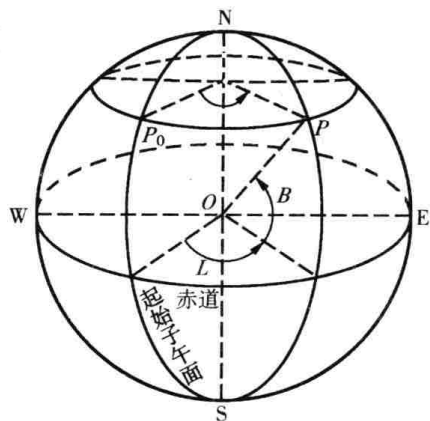


图 1-2

高斯投影是地球椭球体面正形投影于平面的一种数学转换过程。为说明简单起见,可以用下面形象的投影过程来解说这种投影规律。

如图 1-3a) 所示,设想将截面为椭圆的一个圆柱横套在地球椭球体外面,并与椭球体面上某一条子午线(如 NDS)相切,同时使圆柱的轴位于赤道面内并通过椭球体中心,圆柱面与椭球体面相切的子午线称为中央子午线。若以椭球中心为投影中心,将中央子午线两侧一定经差范围内的椭球图形投影到圆柱面上,再顺着过南、北极点的圆柱母线将圆柱面剪开,展成平面,如图 1-3b) 所示,这个平面就是高斯投影平面。

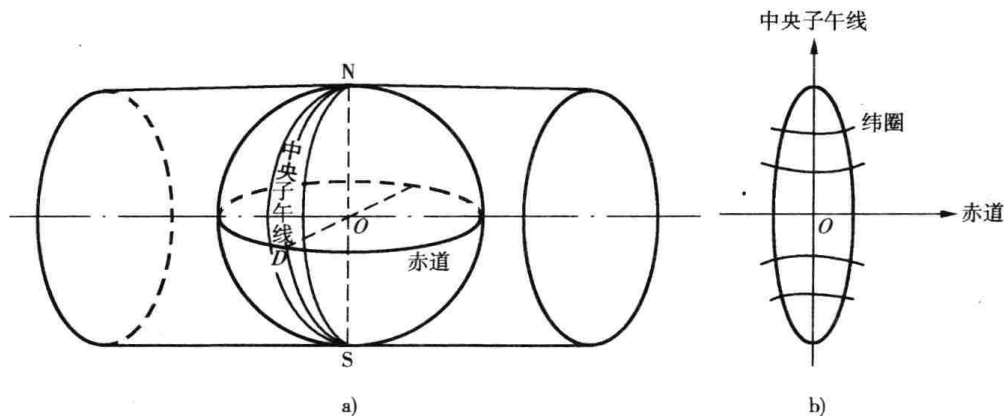


图 1-3

在高斯投影平面上,中央子午线投影为直线且长度不变,赤道投影后为一条与中央子午线正交的直线,离开中央子午线的线段投影后均要发生变形,且均较投影前长一些。离开中央子午线愈远,长度变形愈大。

为了使投影误差不致影响测图精度,规定以经差  $6^\circ$  或更小的经差为准来限定高斯投影的范围,每一投影范围叫一个投影带。如图 1-4a) 所示,  $6^\circ$  带是从东经  $0^\circ$  子午线算起,以经度每隔  $6^\circ$  为一带,将整个地球划分成 60 个投影带,并用阿拉伯数字 1, 2, ..., 60 顺次编号,叫做高斯  $6^\circ$  投影带(简称  $6^\circ$  带)。 $6^\circ$  带中央子午线经度  $L_0$  与投影带号  $N_e$  之间的关系式为:

$$L_0 = N_e \times 6^\circ - 3^\circ \quad (1-2)$$

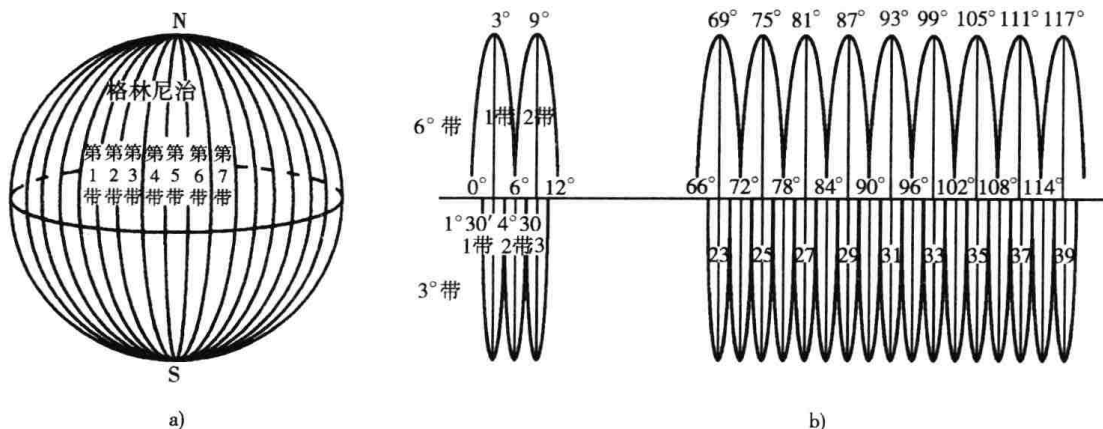


图 1-4

【例】某城市中心的经度为  $116^\circ 24'$ , 求其所在高斯投影  $6^\circ$  带的中央子午线经度  $L_0$  和投

影带号  $N_e$ 。

**解** 据题意,其高斯投影  $6^\circ$  带的带号为:

$$N_e = \text{INT}(116^\circ 24' / 6 + 1) = 20$$

(INT——取整数)

中央子午线经度为:

$$L_0 = 20 \times 6^\circ - 3^\circ = 117^\circ$$

对于大比例尺测图,则需采用  $3^\circ$  带或  $1.5^\circ$  带来限制投影误差。 $3^\circ$  带与  $6^\circ$  带的关系如图 1-4b) 所示。 $3^\circ$  带是以东经  $1^\circ 30'$  开始,第一带的中央子午线是东经  $3^\circ$ 。

采用分带投影后,由于每一投影带的中央子午线和赤道的投影为两正交直线,故可取两正交直线的交点为坐标原点。中央子午线的投影线为坐标纵轴( $X$  轴),向北为正;赤道投影线为坐标横轴( $Y$  轴),向东为正,这就是全国统一的高斯平面直角坐标系。

我国位于北半球,纵坐标均为正值,横坐标则有正有负,如图 1-5a) 所示,  $Y_A = +148680.54\text{m}$ ,  $Y_B = -134240.69\text{m}$ 。为了避免横坐标出现负值和标明坐标系所处的带号,规定将坐标系中所有点的横坐标值加上  $500\text{km}$  (相当于各带的坐标原点向西平移  $500\text{km}$ ),并在横坐标前冠以带号。图 1-5b) 中所标注的横坐标为:  $Y_A = 20648680.54\text{m}$ ,  $Y_B = 20365759.31\text{m}$ ,这就是高斯平面直角坐标的通用值,最前两位数  $20$  表示带号,不加  $500\text{km}$  和带号的横坐标值称为自然值。

高斯平面直角坐标系的应用大大简化了测量计算工作,它把在椭球体面上的观测元素全部改化到高斯平面上进行计算,这比在椭球体面上解算球面图形要简单得多。在公路工程测量中也经常应用高斯平面直角坐标系,如高速公路的勘测设计和施工测量就是在高斯平面直角坐标系中进行的。

### 3. 平面直角坐标系

当测量的范围较小时,可以把该测区的球面当作平面看待,直接将地面点沿铅垂线投影到水平面上,用平面直角坐标来表示它的投影位置,如图 1-6 所示。

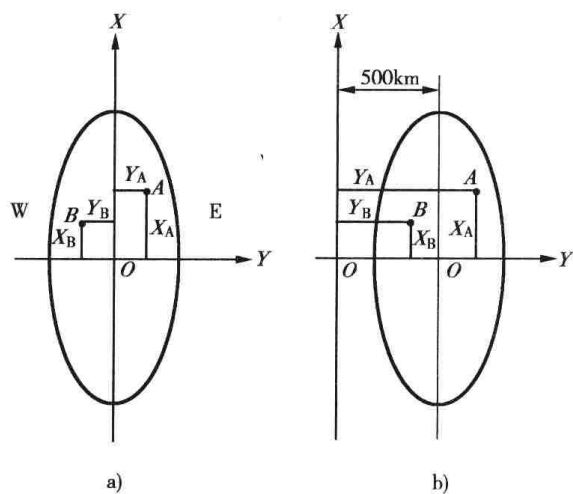


图 1-5

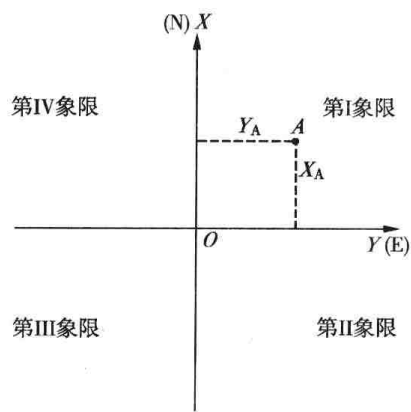


图 1-6

测量上选用的平面直角坐标系,规定纵坐标轴为  $X$  轴,表示南北方向,向北为正;横坐标轴为  $Y$  轴,表示东西方向,向东为正;坐标原点可假定,也可选在测区的已知点上;象限按顺时

针方向编号。测量所用的平面直角坐标系之所以与数学上常用的直角坐标系不同,是因为测量上的直线方向都是从纵坐标轴北端顺时针方向量度的,而三角学中三角函数的角则是从横坐标轴正端按逆时针方向量度,把  $X$  轴与  $Y$  轴互换后,全部三角公式都能在测量计算中应用。

### 三、地面点的高程系统

地面点到大地水准面的铅垂距离,称为该点的绝对高程或海拔,简称高程。它与地面点的坐标共同确定地面点的空间位置。

在图 1-7 中,地面点  $A$ 、 $B$  的高程分别为  $H_A$ 、 $H_B$ 。

国家高程系统的建立通常是在海边设立验潮站,经过长期观测推算出平均海水面的高度,并以此为基准在陆地上设立稳定的国家水准原点。我国曾采用青岛验潮站 1950~1956 年观测资料推算黄海平均海面作为高程基准面,称为“1956 年黄海高程系”,并在青岛观象山的一个山洞里建立了国家水准原点,其高程为 72.289m。由于验潮资料不足等原因,我国自 1987 年启用“1985 年国家高程基准”。这是采用青岛大港验潮站 1952~1979 年的潮汐观测资料计算的平均海面,依此推算的国家水准原点高程为 72.260m。

当在局部地区进行高程测量时,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假定高程或相对高程。在图 1-7 中, $A$ 、 $B$  两点的相对高程为  $H'_A$ 、 $H'_B$ 。

地面上两点高程之差称为这两点的高差,图 1-7 中  $A$ 、 $B$  两点间的高差为:

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

## • 第三节 测量工作概述 •

### 一、测量的基本工作

根据前面所述,测量工作的基本内容是确定地面点的位置。它有两方面的含义:一方面是将地面点的实际位置用坐标和高程表示出来,另一方面是根据点位的设计坐标和高程将其在实地上的位置标定出来。要完成上述的任务,必须用测量仪器通过一定的观测方法和手段测出已知点与未知点之间所构成的几何元素,才能由已知点导出未知点的位置。

点与点之间构成的几何元素有:距离、角度和高差,这三个基本元素称之为测量三要素。如图 1-8 所示, $a$ 、 $b$ 、 $c$  为地面点在水平面上的投影位置,确定这些点的位置不是直接在地面上测定它们的坐标和高程,而是首先测定相邻点间的几何元素,即距离  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ ,水平角  $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$  和高差  $h_{Fa}$ 、 $h_{ab}$ 、 $h_{bc}$ 。再根据已知点  $E$ 、 $F$  的坐标及高程来推算  $a$ 、 $b$ 、 $c$  各点的坐标和高程。由此可见,距离、角度和高差是确定地面点位置的三个基本元素,而距离测量、角度测量和高程测量是测量的基本工作。这部分内容在本书中将占有重要的篇幅。

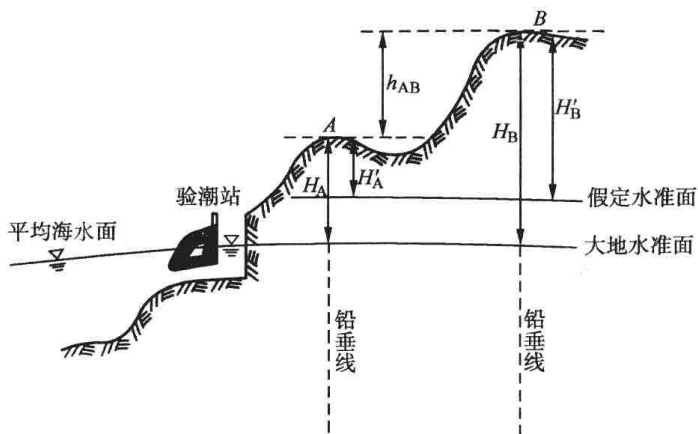


图 1-7



## 二、测量工作的原则和方法

在进行某项测量工作时,往往需要确定许多地面点的位置。假如从一个已知点出发,逐点进行测量和推导,最后虽可得到欲测各点的位置,但这些点很可能是不正确的,因为前一点的测量误差将会传递到下一点,误差经传递积累起来,最后可能达到不可允许的程度。因此测量工作必须依照一定的原则和方法来防止测量误差的积累。

在实际测量工作中应遵循的原则是:在测量布局上要“从整体到局部”,在测量精度上要“由高级到低级”,在测量程序上要“先控制后碎部”。也就是在测区整体范围内选择一些有

“控制”意义的点,首先把它们坐标和高程精确地测定出来,然后以这些点作为已知点来确定其他地面点的位置。这些有控制意义的点组成了测区的测量骨干,称之为控制点。

采用上述原则和方法进行测量,可以有效控制误差的传递和积累,使整个测区的精度较为均匀和统一。

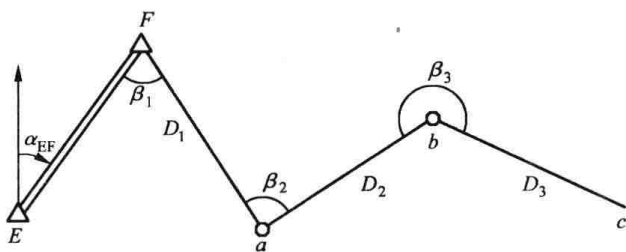


图 1-8

## 三、控制测量的概念

为了测定控制点的坐标和高程所进行的测量工作称之为控制测量。它包括平面控制测量和高程控制测量。

控制测量是整个测量过程中的重要环节,起着控制全局的作用。对于任何一项测量任务,必须先进行整体性的控制测量,然后以控制点为基础进行局部的碎部测量。例如大桥的施工测量,首先建立施工控制网,进行符合精度要求的控制测量,然后在控制点上安置仪器进行桥梁墩台位置等的放样。

在国家广大的区域内,测绘部门已布设了高精度的国家平面控制网和国家高程控制网。国家基本的平面和高程控制按照精度的不同,分为一、二、三、四等,由高级到低级逐级布设。

由于国家基本的平面和高程控制点的密度(如四等平面控制点的平均间距为 4km)远不能满足地形测图和工程建设的需要,因此,在国家基本控制点的基础上还须进行小区域的平面和高程控制测量。本书在后续章节中将详细讲述小区域控制测量(即平面控制测量——导线和小三角测量\*,高程控制测量——水准测量)的布网形式和测量与计算方法。

## 本章小结

通过本章的学习,学生应重点理解和掌握下列基本知识:

### 1. 基准面的概念

- (1) 水准面——静止的海水面。
- (2) 大地水准面——通过平均海水面的水准面。
- (3) 高程基准面——地面点高程的起算面。