



普通高等职业教育精品课程教材

工程测量

金仲秋 主编

马真安

胡伍生 主审



人民交通出版社

China Communications Press

普通高等职业教育精品课程教材

GONGCHENG CELIANG

工程测量

金仲秋 主编
马真安
胡伍生 主审



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书为高等职业教育交通土建类精品课程教材,国家级精品课程“测量技术”的配套教材。全书共分十一章。第一章至第五章,系统地讲述了工程测量的基本知识和各种常用测量仪器、工具的工作原理、使用方法及其检验校正方法;第六章对测量误差知识进行了基础性的介绍;第七章叙述了小区域控制测量,包括平面控制和高程控制的施测与计算方法;第八章介绍了地形图的测绘和应用,主要叙述大比例尺地形图的测绘方法和地形图在道路工程上的应用;第九章讲述了道路中线测量、纵断面测量、横断面测量等工作的原理与常用方法;第十一章讲述了道路、桥涵及隧道工程施工测量的基本技术。

本书可作为高职、高专院校交通土建类专业教材,也可供相关专业工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量 / 金仲秋, 马真安主编. —北京: 人民交通出版社, 2007.3

普通高等职业教育精品课程教材
ISBN 978-7-114-06422-7

I. 工… II. ①金…②马… III. 工程测量 - 高等学校 - 教材 IV. TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 023290 号

普通高等职业教育精品课程教材

书 名: 工程测量

著 作 者: 金仲秋 马真安

责任编辑: 吴有铭 (wym64298973@126.com)

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.ccpress.com.cn>

销售电话: (010) 85285977, 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: 三河市吉祥印务有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 13.75

字 数: 340 千

版 次: 2007 年 3 月 第 1 版

印 次: 2007 年 3 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06422-7

印 数: 0001 - 3000 册

定 价: 25.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

QIANYAN

本教材是为满足教育之需,按照交通土建类课程设置框架的要求编写,是高等职业教育交通土建类精品课程教材。在编写体系的安排上,首先介绍了工程测量中常用仪器设备,包括水准仪、经纬仪、测距仪、全站仪和 GPS 系统等的工作原理、功能、操作方法、维护和检验校正等方面的知识;然后按照控制测量、地形测量、道路中线测量、纵横断面测量和道路、桥涵及隧道施工测量的顺序,分别介绍各项工作的原理和使用方法。

作为普通高等职业教育交通土建类精品课程教材,本书主要具有如下特点:

1. 全面贯彻素质教育思想,注重学生个性与创新精神及实践动手能力的培养,教材内容编写以实用为原则,紧密跟踪我国公路工程测量技术的发展,力求将现代工程测量领域的最新科技成果、技术方法反映出来,并注重实际,以培养学生分析问题、解决问题的能力。

2. 遵循高等教育的办学规律,突出实用性、通用性和灵活性,课程教学安排以能力目标要求为框架,使能力目标与教学安排相对应并呈现模块式。

3. 编写格式与体例上,从实用人才培养原则出发,内容全面、重点突出、资料新颖、数据准确、层次分明。在理论体系、组织结构和文字论述方面等均有新的尝试,每章列有本章概要和本章小结,最后附有思考题与习题,以便学生更好地掌握本章核心内容。

参加本书编写工作的有:浙江交通职业技术学院金仲秋(编写第一、二、九、十一章);辽宁交通高等专科学校马真安(编写第五、六、七、十章);浙江交通职业技术学院陈凯(编写第三、四、八章);全书由金仲秋、马真安担任主编,东南大学胡伍生教授担任主审。

本教材编写过程中,得到人民交通出版社及本书参考书目作者的大力支持,在此一并致以诚挚谢意。

限于编者的学识水平和实践经验,书中错误和不足之处在所难免,敬请读者赐教。

精品课程网站:<http://60.191.9.21/elcn/cljs/cosup/index.asp>

编 者
2006 年 12 月

目 录

MULU

第1章 绪论	1
1.1 测量学及其任务和作用	1
1.2 地球的形状和大小	2
1.3 确定地面点位的方法	3
1.4 用水平面代替水准面的限度	6
1.5 测量工作的内容、程序及基本原则	8
1.6 本课程的学习目标和学习方法	9
本章小结	10
思考题与习题	11
第2章 水准测量	12
2.1 水准测量的原理	12
2.2 水准测量的仪器与工具	14
2.3 水准测量的实施	19
2.4 水准测量的成果整理	23
2.5 微倾式水准仪的检验和校正	26
2.6 自动安平水准仪	29
2.7 精密水准仪	30
2.8 电子水准仪	32
2.9 水准测量的误差及注意事项	32
本章小结	34
思考题与习题	35
第3章 角度测量	37
3.1 角度测量原理	37
3.2 光学经纬仪的构造与使用	38
3.3 水平角观测	44
3.4 竖直角测量	47
3.5 经纬仪的检验与校正	50
3.6 角度测量误差与注意事项	54
3.7 电子经纬仪	55

本章小结	56
思考题与习题	57
第4章 距离测量与直线定向	59
4.1 钢尺量距	59
4.2 视距测量	65
4.3 直线定向	68
4.4 罗盘仪的构造和使用	71
本章小结	72
思考题与习题	72
第5章 光电测距与全站仪	74
5.1 光电测距基本原理及使用	74
5.2 全站仪的基本结构与功能	77
5.3 全站仪的操作使用	80
5.4 仪器使用的注意事项和保养知识	92
本章小结	92
思考题与习题	93
第6章 测量误差的基本知识	94
6.1 概述	94
6.2 偶然误差的统计特性	96
6.3 算术平均值	98
6.4 评定观测值精度的标准	99
6.5 误差传播定律及应用	101
本章小结	104
思考题与习题	105
第7章 小区域控制测量	106
7.1 概述	106
7.2 导线测量	107
7.3 交会定点测量	117
7.4 高程控制测量	120
7.5 GPS 定位系统及其应用	124
本章小结	127
思考题与习题	128
第8章 地形图的测绘与应用	130
8.1 地形图的基本知识	130
8.2 大比例尺地形图的测绘	136
8.3 地形图的检查、拼接与整饰	141
8.4 大比例尺数字化测图方法	142
8.5 地形图的应用	145
本章小结	148
思考题与习题	149

第 9 章 道路中线测量	150
9.1 概述	150
9.2 路线交点和转点的测设	151
9.3 路线转角的测定和里程桩的设置	153
9.4 圆曲线测设	155
9.5 圆曲线虚交测设	162
9.6 缓和曲线的测设	164
9.7 复曲线的测设	174
本章小结	177
思考题与习题	177
第 10 章 路线纵、横断面测量	179
10.1 基平测量	179
10.2 中平测量	181
10.3 横断面测量	185
本章小结	188
思考题与习题	189
第 11 章 公路工程施工测量	191
11.1 概述	191
11.2 施工放样的基本工作	192
11.3 公路施工测量	196
11.4 桥涵施工测量	199
11.5 隧道施工测量	202
本章小结	206
思考题与习题	207
参考文献	209

本章概要

1. 叙述了测量学的概念、工程测量的主要任务及其在工程建设中的作用;
2. 介绍地球的形状与大小;叙述地面点位的确定方法;
3. 叙述用水平面代替水准面的限度;
4. 描述测量工作的内容、程序和基本原则;
5. 明确本课程的学习目标和方法。

1.1 测量学及其任务和作用

测量学是一门研究地球的形状和大小以及确定地面(包括空中、地下和海底)点位的科学。它的任务包括测定和测设两个部分。测定是指使用测量仪器和工具,通过观测和计算,得到一系列测量数据,把地球表面的地形缩绘成地形图,供经济建设、规划设计、科学研究和国防建设使用;测设又称施工放样,是把图纸上规划设计好的建筑物、构筑物的位置在地面上标定出来,作为施工的依据。

测量学按研究对象和范围的不同,可分为以下几个分支学科。

大地测量学:研究地球表面广大地区的点位测定及整个地球的形状、大小和变化及地球重力场测定的理论和方法的学科。由于人造地球卫星和空间技术的利用,测量又分为常规大地测量和卫星大地测量两种。

地形测量学:研究将地球表面局部地区的自然地貌、人工建筑和行政权属界线等测绘成地形图、地籍图的基本理论和方法的学科。

摄影测量学:研究利用航空和航天器对地面摄影或遥感,以获取地物和地貌的影像和光谱,并进行分析处理,从而绘制成地形图的基本理论和方法的学科。



工程测量学:研究工程建设在设计、施工和管理阶段中所需要进行的测量工作的基本理论和方法的学科,包括工程控制测量、土建施工测量和竣工测量等。

公路工程测量是测量学的一个重要组成部分,在国家经济建设和国防建设中具有非常重要的作用,在道路、桥梁和隧道工程的勘测设计、施工和运营管理各个阶段有着广泛的应用,主要体现在:

(1)在公路建设的勘测设计阶段,为了能在公路网线规划指定的起终之间,设计出一条既符合一定公路等级技术标准又在经济上最合理的路线,首先要沿着路线可能经过的范围内布设控制点,进行控制测量,通过测绘路线带状地形图作为纸上选定路线和进行路线方案比较的依据。在路线方案确定以后,为了编制设计施工文件和概预算,还要通过测设把地形图上选定的路线位置在地面上标定出来,然后进行路线的中线测量、水准测量、横断面测量、地形测量和有关调查测量等测量工作。此外,当路线跨越河流架设桥梁或穿越山岭采用隧道时,也要测绘桥址或隧址处的地形图,测定桥轴线、隧道轴线的长度和位置,为桥梁和隧道设计提供必要的资料数据。

(2)在公路建设的施工阶段,为了指导施工,首先要将在图纸上已设计好的路线、桥涵和隧道等构造物的各项元素,按规定的精度准确无误地测设于实地,完成施工前的施工放样测量工作。进行公路施工前的恢复中线测量。在施工的过程中,为了保证施工的进度和质量,还要经常通过各种测量来检查工程建设的进展情况。工程施工结束以后,还要通过必要的测量检查来进行竣工验收,并通过测量编制竣工图,以满足工程的验收、维护、加固以至扩建的需要。

(3)在公路建设投入使用以后的营运阶段,还要对公路、桥涵和隧道等构造物进行必要的常规检查和定期进行变形观测,以指导日常的养护和维修,确保公路、桥梁和隧道等构造物的安全使用。

从以上叙述可知,工程测量工作贯穿于工程建设的勘测、设计、施工、竣工及养护维修的整个过程,测量工作的质量直接关系到工程建设的速度和质量。所以,每一位从事工程建设的人员,都必须掌握必要的测量基本理论、基本知识和基本技能。

1.2 地球的形状和大小

1. 大地水准面与基准线

测量工作是在地球表面进行的,而地球自然表面很不规则,有高山、丘陵、平原和海洋等,见图 1-1a)。其中最高的珠穆朗玛峰高出海水面达 8844.43m,最低的位于太平洋西部的马里亚纳海沟低于海水面达 11022m。但是这样的高低起伏,相对于地球近似半径 6371km 来说还是很小的。又由于海洋约占整个地球表面的 71%,因此,可以把海水面所包围的地球形体看作地球的形状。即设想一个静止的海水面,向陆地延伸而形成一个闭合曲面,这个曲面称为水准面。

水准面作为流体的水面是受地球重力影响而形成的重力等势面,是一个处处与重力方向垂直的连续曲面。由于海水面受潮汐和风浪的影响,水面可高可低,是个动态的曲面,因此,水准面有无数多个,我们将其中与平均的海水面相吻合的一个水准面,称为大地水准面,如图 1-1a)。大地水准面是进行测量工作的基准面。由大地水准面所包围的地球形体,称为大地体。



另外,由于地球的自转运动,地球上任意一点都要受到重力作用,重力的方向线称为铅垂线。铅垂线是测量工作的基准线。

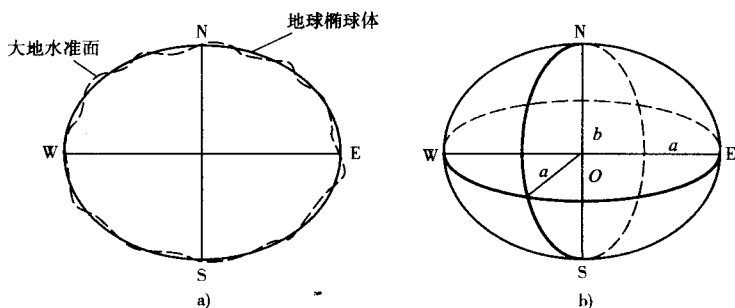


图 1-1 地球自然表面、大地水准面和地球旋转椭球体
a) 大地水准面; b) 地球旋转椭球体

2. 地球旋转椭球体

用大地体表示地球的形状是比较恰当的,但是由于地球内部质量分布不均匀,引起局部重力异常,导致铅垂线的方向产生不规则的变化,使得大地水准面上也有微小的起伏,成为一个复杂的曲面,如图 1-1a) 所示,因此无法在这个复杂的曲面上进行测量数据的处理。为了测量计算工作的方便,通常用一个非常接近于大地水准面,并可用数学式表示的纯几何形体来代替地球的形状作为测量计算工作的基准面,这一几何形体称为地球椭球体,它是由一个椭圆绕其短轴旋转而成,故地球椭球又称为旋转椭球,见图 1-1b) 所示。这样,测量工作的基准面为大地水准面,而测量计算工作的基准面为旋转椭球面。

旋转椭球的形状和大小可由其长半轴 a 、短半轴 b 和扁率 α 来表示。我国的旋转椭球目前采用的参数值为:

$$\begin{aligned} \text{长半轴} & a = 6378.140\text{km} \\ \text{短半轴} & b = 6356.755\text{km} \\ \text{扁率} & \alpha = \frac{a-b}{a} \approx \frac{1}{298.257} \end{aligned}$$

由于旋转椭球的扁率很小,因此当测区范围不大时,可近似地把旋转椭球作为圆球,其半径近似值为 $R = \frac{1}{3}(2a+b) \approx 6371\text{km}$ 。当在小范围内进行测量工作时,可以用水平面代替大地水准面。

1.3 确定地面点位的方法

测量工作的基本任务是确定地面点的空间位置。在工程测量中确定地面点位置的方法是通过确定该地面点的坐标 (x, y) 和该点的高程 (H) 来实现的。根据不同的测量精度要求,在工程建设中可采用不同的坐标和高程系统。

1. 确定地面点的坐标系统

(1) 大地坐标



大地坐标是以参考椭球体面为基准面的球面坐标系,常以大地经度和大地纬度表示,简称经度(L)、纬度(B),它适用于在地球椭球面上确定点位。如图 1-2 所示,以 O 为中心的大地椭球体,短轴 NS 为地球的旋转轴(也称地轴), N 为北极, S 为南极。地面上点 F 与地轴 NS 所组成的平面 $NFKSON$ 称为该点子午面。子午面与球面的交线 $NFKS$ 称为该点的子午线(或称经线)。其中经过英国格林尼治天文台 G 点的子午面 $NGMSON$ 称为首子午面,首子午面与球面的交线 $NGMS$ 称为首子午线。过 F 点的子午面与首子午面所夹的二面角,称为该点的大地经度,以 L 表示。大地经度自首子午线向东或向西 $0 \sim \pm 180^\circ$ 量度,向东为正,称东经,或写成 $0 \sim 180^\circ E$;向西为负,称西经,或写成 $0 \sim 180^\circ W$ 。

经过球心 O 与地轴垂直的平面称为地球赤道平面,赤道平面与球面的交线称为赤道。平行赤道平面的其他平面与球面的交线称为纬线。如图 1-2 所示,过 F 点的法线与赤道面的夹角 FOK 称为该点的大地纬度,用 B 表示。大地纬度自赤道 $0 \sim 90^\circ$ 量度,向北称为北纬,向南称为南纬。我国地理位置处在首子午线以东的经度约是 $74^\circ \sim 135^\circ$,处在赤道平面以北的纬度约是 $3^\circ \sim 54^\circ$,因此在我国表示点位大地坐标时冠以“东经”“北纬”的名称。例如, F 点位于北京北纬 40° 、东经 116° ,可用 $B = 40^\circ N$ 、 $L = 116^\circ E$ 表示。

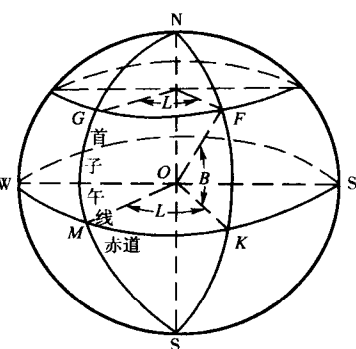


图 1-2 大地坐标系

(2) 高斯平面直角坐标

利用高斯投影法建立的平面直角坐标系,称为高斯平面直角坐标系。我们知道,地球是一个旋转椭球面,如果测区范围较大,就不能将测区曲面当作平面看待,而工程设计上需要的是地面点的平面坐标,可想而知,“平面”与“曲面”必然有矛盾。利用高斯平面直角坐标可以解决这类问题。

高斯投影法是将地球划分成若干带,然后将每带投影到平面上,如图 1-3 所示。投影带通常分为 6 度带和 3 度带。如 6 度带是从首子午线起,每隔经度 6° 划分一带,称为 6° 带,将整个地球划分成 60 个带。带号从首子午线起自西向东编号, $0^\circ \sim 6^\circ$ 为第 1 号带, $6^\circ \sim 12^\circ$ 为第 2 号带,……。位于各带中央的子午线,称为中央子午线,第 1 号带中央子午线的经度为 3° ,任意号带中央子午线的经度 L_0 可按下式计算。

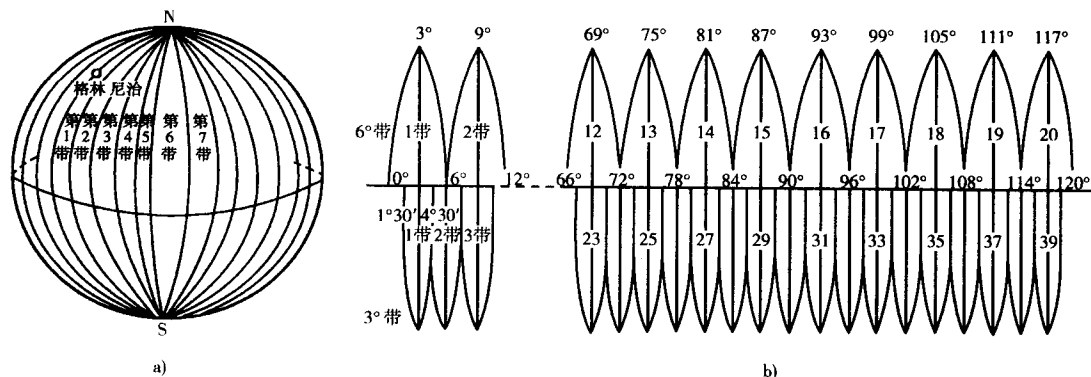


图 1-3 高斯平面直角坐标的分带



$$L_0 = 6N - 3$$

(1-1)

式中: N —— 6° 带的带号。

地面点的平面位置,可用高斯平面直角坐标 x, y 来表示,如图 1-4 所示。在坐标系内,规定 X 轴向北为正, Y 轴向东为正。由于我国位于北半球, x 坐标均为正值, y 坐标则有正有负,如图 1-5a) 所示, $y_A = +136780\text{m}$, $y_B = -272440\text{m}$ 。为了避免 y 坐标出现负值,规定将每带的坐标原点向西移 500km ,如图 1-5b) 所示,纵轴西移后高斯平面直角坐标 x 表示地面点到赤道的距离, y 包括投影带号、西移值 500km 和地面点到每带中央子午线 (X 轴) 的距离 y ,即:

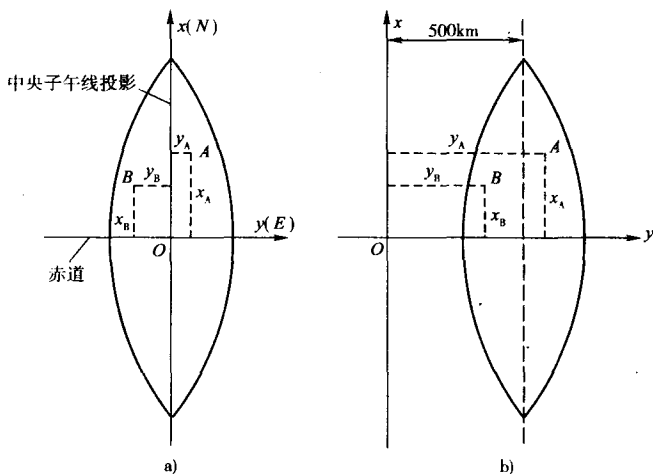


图 1-4 高斯平面直角坐标

$$Y = \text{带号 } N + 500\text{km} + y$$

(1-2)

例如某地面点的坐标 $X = 2344554\text{m}$, $Y = 20487778\text{m}$ 。其中 X 表示该点在高斯平面上到赤道的距离为 2344554m , Y 表示该点位于第 20 带内,距该带中央子午线的距离是 -12222m 。

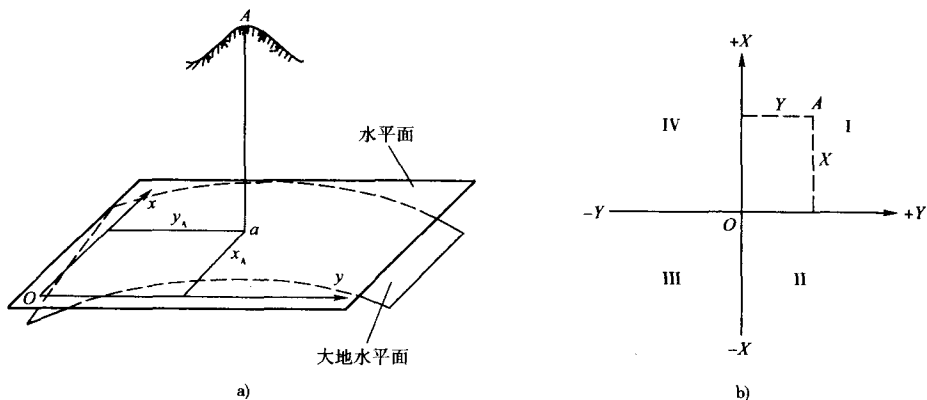


图 1-5 独立平面直角坐标系

(3) 独立平面直角坐标系

当测量区域较小(如半径不大于 10km 的范围)时,可以把测区的曲面当作平面看待,用平面直角坐标来确定点位,如图 1-5a) 所示。测量上采用的平面直角坐标与数学上的直角坐标



相似,如以两条互相垂直的直线为坐标轴,两轴的垂点为坐标原点,规定南北方向为纵轴,并记为 X 轴, X 轴向北为正,向南为负;以东为横轴,并记为 Y 轴, Y 轴向东为正,向西为负;坐标原点一般选在测区的西南角,使测区内各点的 x 、 y 坐标均为正值;平面直角坐标系中象限按顺时针方向编号,如图 1-5b) 所示。

2. 确定地面点的高程系统

由于海水面受潮汐和风浪的影响,它的基准面是时刻变化的,是个动态的曲面,平均静止的海水面实际在大自然中是不存在的。为此,我国在青岛设立验潮站,长期观察和记录黄海海水面的高低变化,取其平均值作为我国的大地水准面的位置(其高程为零),并在青岛建立了水准原点。目前,我国采用“1985 国家高程基准”为基准,青岛水准原点的高程为 72.2604m,全国各地的高程都以它为基准进行测算。

如图 1-6 所示,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,也称海拔,用 H 表示。地面点 A 、 B 的绝对高程分别为 H_A 、 H_B 。如果在局部地区当引用绝对高程有困难时,也可任意假定一个水准面作为高程起算的基准面,这时地面上任意一点到假定水准面的铅垂距离称为该点的假定高程,也称相对高程,分别以 H'_A 、 H'_B 表示。

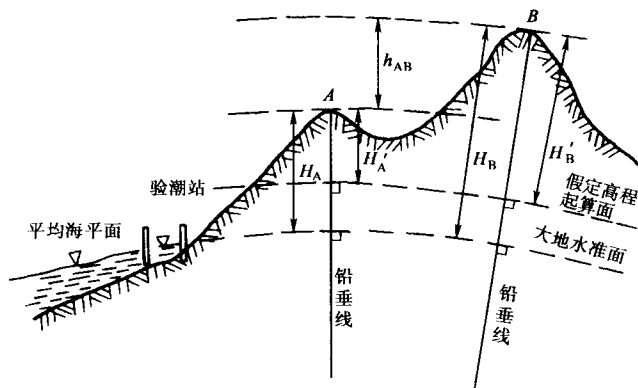


图 1-6 高程与高差

地面点之间的高程之差称为高差,用 h 表示。如 A 、 B 两点高差 h_{AB} 为:

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

根据地面点的两个坐标(x 、 y)和高程 H ,则该地面点的空间位置就可以确定了。

1.4 用水平面代替水准面的限度

测量工作是在不同高程的水准面上进行的。水准面是一个曲面,曲面上的几何图形,包括基本观测量(距离、角度、高差),投影到平面上会产生变形,称为水准面曲率的影响。实际上,如果把测站附近不大的局部范围内,用水平面代替水准面,其产生的变形不超过测量或制图误差的范围,才是可以允许的。下面分析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。

1. 水准面曲率对距离的影响

设水准面 L 与水平面 P 在 A 点相切,如图 1-7 所示, A 、 B 两点间的弧长为 S ,在水平面上的



距离为 D , 地球的半径为 R , AB 弧对应的球心角 β 。则 $S = R\beta$, $D = R\tan\beta$, 水平面代替球面对弧长的误差为:

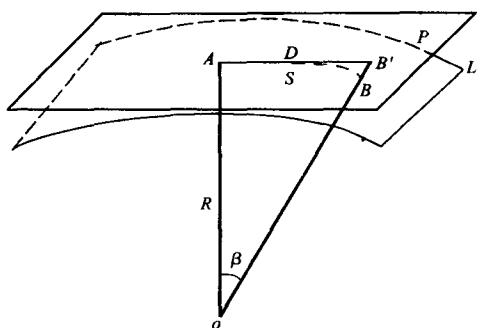
$$\Delta S = D - S = R\tan\beta - R\beta$$

由于 β 角很小, 可将 $\tan\beta$ 按级数展开, 略去 3 次以上的高次项, 得:

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

$$\text{因 } \beta = S/R, \text{ 得: } \Delta S = \frac{S^3}{3R^2} \quad (1.4)$$

图 1-7 水平面代替水准面的影响



取地球半径 $R = 6371\text{km}$, 以不同的 S 值代入上式, 得到以水平面代替水准面引起的距离误差 ΔS 和相对误差 $\Delta S/S$ 的不同数值, 如表 1-1 所示。

水平面代替水准面的距离误差和相对误差

表 1-1

距离 S (km)	距离误差 (mm)	相对误差
10	8	1: 1200000
25	128	1: 200000
50	1027	1: 49000
100	8212	1: 12000

由表 1-1 可知, 当距离为 10km 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, 对于制图, 则更容许。因此, 在距离为 10km 的范围内, 即面积约 300km^2 内, 以水平面代替水准面所产生的距离误差可以忽略不计。

2. 水准面曲率对高差测量的影响

在图 1-7 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' 即为水平面代替水准面产生的高程误差。设 $BB' = \Delta h$, 则:

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

即

$$2R\Delta h + \Delta h^2 = D^2$$

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

上式中, 用 S 代替 D , 同时, Δh 与 $2R$ 相比可略而不计, 则:

$$\Delta h = \frac{S^2}{2R} \quad (1.5)$$

以不同的距离 S 代入上式, 则得相应的高程误差值, 如表 1-2 所示。

水平面代替水准面的高程误差表

表 1-2

S (km)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1	2	5	10
Δh (mm)	0.8	3	7	13	20	80	310	1960	7850

从表 1-2 可以看出, 用水平面代替水准面对高程的影响是很大的。例如, 距离为 200m 时



就有 0.3cm 的高程误差,在 500m 时高程误差达 2.0cm,这在测量中是不能允许的。因此,就高程测量而言,即使距离很短,也应考虑地球曲率对高程的影响。

1.5 测量工作的内容、程序及基本原则

地球表面的各种高低起伏的形态可以分为地物和地貌两大类。地面上有明显轮廓的,天然形成或人工建造的各种固定物体,如江河、湖泊、道路、桥梁、房屋和农田等称为地物。地面上自然形成的高低起伏形态,如高山、丘陵、平原、洼地等称为地貌,地貌的表示方法很多,大比例尺地形图中常用等高线表示。地物与地貌统称为地形。测量工作的任务就是通过使用测量仪器和工具,测定地形的位置并把它绘制在图纸上或通过测设是把图纸上规划设计好的建筑物、构筑物的位置在地面上标定出来。

如图 1-8 所示,为了把图 a) 上的地物与地貌绘制在图纸 b) 上,应按照“从整体到局部”、

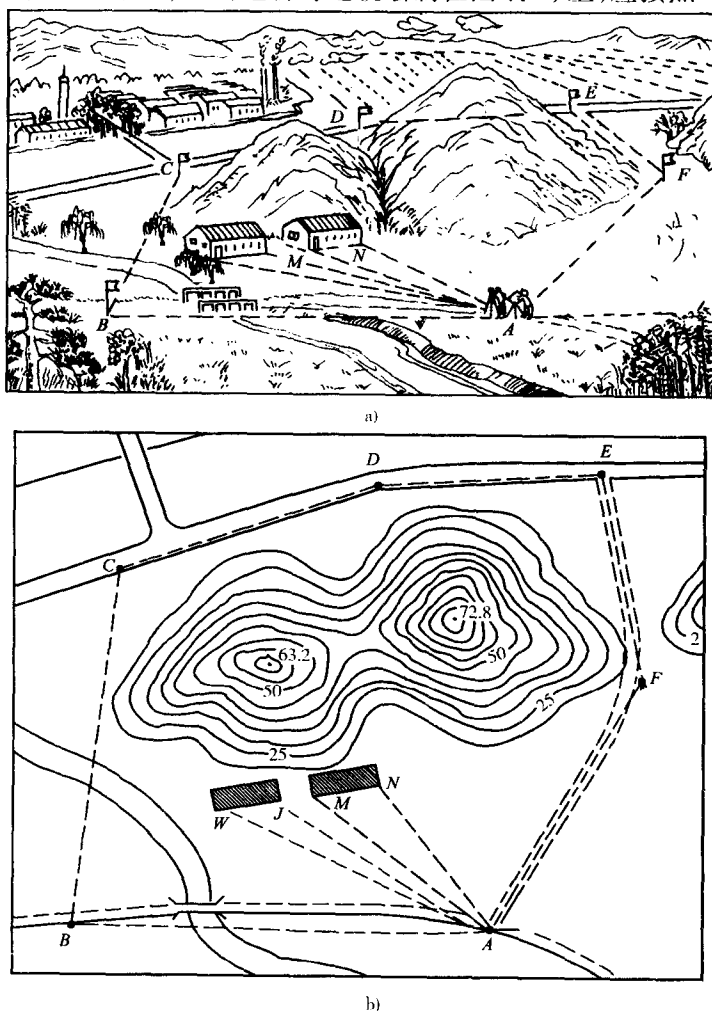


图 1-8 控制测量与碎部测量



“先控制后碎部”的原则进行,即首先应在测区内选择若干个具有控制意义的点作为控制点,如图中 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 点等,用精密的仪器和方法测定其位置,作为全面测量的依据,这些控制点所组成的图形称为控制网。进行这部分的测量工作,称为控制测量。其次,再根据这些控制点测定周围碎部点的位置,如在控制点 A 分别测定其周围的碎部点 M 、 N 、 J 、 W 等,就可确定建筑物的具体位置。同样也可测定其他控制点周围的碎部点,这样整个测区的形状和大小情况就可以在图纸上表示出来了。

从以上讨论可知,地物和地貌的形状和大小都是由一些特征点的位置所决定的,这些特征点又称碎部点。测量时,主要就是测定这些碎部点的平面位置和高程。当进行测量工作时,不论用何种方法,使用何种仪器,测量成果都会带有误差。为了防止测量误差的积累,提高测量精度,在测量工作中必须遵循的原则是:

- (1)在测量布局上要“从整体到局部”;
- (2)在测量精度上要“由高级到低级”;
- (3)在测量程序上要“先控制后碎部”;
- (4)前一步工作未作检核不进行下一步工作。

也就是说,在测量时首先应在测区整体范围内选择一些有“控制”意义的点,把它们的坐标和高程精确地测定出来,然后再以这些控制点作为已知点来确定其他地面点位置的依据。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。

测量工作有内业与外业之分,利用测量仪器在野外测出控制点之间或控制点与碎部点之间的距离、角度、高差等工作称为测量外业,因此测量的基本工作是高差测量、水平角测量、水平距离测量。将外业成果在室内进行整理计算和绘图等工作称为测量内业。

测量人员必须从思想上爱护仪器,养成正确使用仪器的良好习惯,要认真做好记录,要求正确、清洁、干净。对各项成图要准确、整洁、清晰、美观。测量工作完工后,对内外业资料以及图纸、记录应及时整理存档,以便查阅。

1.6 本课程的学习目标和学习方法

《工程测量》是一门工程应用性与操作性均很强的专业技术基础课,该课程的前导理论基础课为《高等数学》,后续衔接课程为交通土建工程类的专业课程,起着承前启后的作用,地位十分重要。

本课程的教学目标是:使学生通过本课程学习知道工程测量的基础理论、基本原理、常规方法与操作技能;明确光学经纬仪和普通水准仪的操作与检校方法;了解测量误差的基本知识;知道测量测绘数据处理的基本方法;具有采用不同仪器、利用多种方法进行小区域大比例尺的地形测绘的外业测量、内业计算与应用大比例尺地形图的初步能力;会进行公路中线测量、基平测量、中平测量和纵横断面图测绘;能叙述路线、桥梁、隧道施工放样的基本方法及有关计算,具有进行路基边桩、边坡、涵洞的放样、测定桥梁中线、桥梁墩台中心定位的基本能力,能介绍隧道的有关测量;具有较强的测、算、绘的测量基本功。

本课程的重点是:测量三大要素(距离、角度、高程)的测定方法、测绘仪器构造、使用、检



验与校正、测量成果的处理,公路的中线测量、纵断面测量、横断面测量,以及公路、桥梁、隧道施工测量等的基本能力。

由于本课程是一门工程应用性与操作性均很强的专业技术基础课,所以学生在学习本课程时,第一,应认真听课,加强复习,多做练习,系统地掌握基本理论、基本概念、基本方法,同时完成规定的思考题与习题;第二,要在课外多阅读有关参考书,以拓宽知识面;第三,认真参加课间实训,熟练、规范地操作使用仪器,完成规定内容的成果记录、计算和处理,上交实训报告,以巩固和加深所学的知识和技能;第四,通过参加测量实习,学会使用水准仪、经纬仪及全站仪等常用仪器,完成地形测量、导线放样、路线纵断面测量、横断面测量等教学实习内容,以提高发现问题、分析问题和解决问题的独立工作能力。尤其是课间实训、测量实习等实践性环节,它是全面应用所学知识从理论到实践的再认识过程,它对学生走上工作岗位的能力培养将起到关键性的作用。所以,学生必须掌握本课程所学的基本理论、基本原理和基本方法,并将其运用到课间实训、测量实习的实践过程中去。

本章小结

1. 公路工程测量是测量学科中的一个重要组成部分,它在国家经济建设和国防建设中具有非常重要的作用,在道路、桥梁和隧道工程的勘测设计、施工和运营管理各个阶段有着广泛的应用。工程测量的主要任务包括测定和测设两个部分。测定主要是指如何将地球表面的地形缩绘成地形图。测设又称施工放样,它是指如何将图纸上规划设计好的建筑物、构筑物的位置在地面上标定出来,作为施工的依据。

2. 地球是一个自然表面很不规则的旋转椭球体,海洋约占整个地球表面的71%,因此,可以把海水面所包围的地球形体看作地球的形状。即设想一个静止的海水面,向陆地延伸而形成一一个闭合曲面,这个曲面称为水准面。我们将其中与平均的海水面相吻合的一个水准面,称为大地水准面。大地水准面是进行测量外业工作所依据的基准面。

3. 测量工作是在不同高程的水准面上进行的。水准面是一个曲面,曲面上的几何图形,包括基本观测量(距离、角度、高差),投影到平面上会产生变形,称为水准面曲率的影响。当测区范围不大(距离为10km)时,如测量水平距离,可不考虑地球的曲率,用水平面代替水准面;但在高程测量时,即使测距很短也可能导致较大的误差。例如,距离为200m时就有0.3cm的高程误差,在500m时高程误差达2.0cm,故必须考虑地球曲率的影响。

4. 测量工作的基本任务是确定地面点的空间位置。在工程测量中确定地面点位置的方法是通过确定该地面点的坐标(x, y)和该点的高程(H)来实现的。测定地面点相对位置的基本工作是距离丈量、角度测量和高程测量。

5. 在测量工作中必须遵循的原则是: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”;前一步工作未作检核不进行下一步工作。无论是地形测量,还是施工测量,都必须遵循此项原则。