

港口及航道 工程测量

陈燕然 主编
潘庆林 主审

GANGKOU JI HANGDAO GONGCHENG CELIANG



● 人民交通出版社

新学社
PDG

GANGKOU JI HANGDAO GONGCHENG CELLANG



责任编辑 / 程景琨
封面设计 / 彭小秋

统一书号: 15114 · 0332

定价: 32.00 元



港口及航道工程测量

Gangkou ji Hangdao gongcheng Celiang

陈燕然 主编

潘庆林 主审

人民交通出版社

新
平
航
道
学

PDG

内 容 提 要

本书共分 12 章。主要包括:测量学基本知识,测量仪器的构造与使用,角度、距离和高程的测量方法,误差的基本知识,小地区控制测量,地形图的测绘及应用,建筑工程施工测量,码头施工测量,水下地形测量及 GPS 全球定位系统在港航工程中的应用,并附有 PC-E500 的计算程序。

港口及航道工程测量

陈燕然 主编 潘庆林 主审

正文设计:周 园 责任校对:张 捷 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:15.75 字数:387 千

1999 年 10 月 第 1 版

2001 年 4 月 第 1 版 第 2 次印刷

印数:2001~3500 册 定价:32.00 元

统一书号:15114·0332



前 言

本教材是根据我校在 1986 年编写的“港口及航道工程测量”的基础上重新编写的。编写中力求体现概念准确,注重实用,贯彻以应用为主,突出港航专业的特色。在内容上除注意本学科必要的系统性外,还简要介绍了电子经纬仪、全站仪的使用和在测量、放样施工中的应用,同时介绍了 GPS 卫星定位系统在港航工程中的使用。为满足教学需要,在每章之后附有习题。本书可用作高等专科学校港航专业教材,也可作为港航工程技术人员的参考书。

本教材由陈燕然任主编,曹海林任副主编,并请南京建筑工程学院潘庆林教授主审。全书编写分工如下:陈燕然(第一、二、九章),曹海林(第三、十一、十二章),闻道秋(第四、五、六章及附录),张志伟(第七、八、十章)。全书插图由杨晓梅和贡云兰绘制。在编写中曾得到有关人员的大力支持和协助,谨此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免出现遗漏和错误,希望使用本教材的师生和读者批评指正。

编 者

1999 年 8 月



目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 测量学的任务及其在港口和航道工程中的作用.....	(1)
第二节 地面点位置的确定.....	(2)
第三节 用水平面代替水准面的限度.....	(6)
第四节 测量工作的基本原则和方法.....	(8)
习题	(10)
第二章 水准仪和水准测量	(11)
第一节 水准测量的基本原理	(11)
第二节 水准测量的仪器和工具	(11)
第三节 水准仪的使用	(14)
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	(20)
第六节 水准测量误差及测量注意事项	(23)
第七节 自动安平水准仪	(25)
习题	(26)
第三章 经纬仪和角度测量	(29)
第一节 角度测量原理	(29)
第二节 DJ ₆ 级光学经纬仪.....	(30)
第三节 DJ ₂ 级光学经纬仪.....	(32)
第四节 水平角观测	(33)
第五节 竖直角观测	(37)
第六节 经纬仪的检验与校正	(41)
第七节 水平角观测误差及注意事项	(44)
第八节 电子经纬仪简介	(46)
习题	(48)
第四章 距离测量与直线定向	(50)
第一节 钢尺量距	(50)
第二节 视距测量	(55)
第三节 光电测距	(57)
第四节 直线定向	(61)
习题	(64)

第五章 测量误差理论的基本知识	(65)
第一节 测量误差的概述	(65)
第二节 评定精度的标准	(68)
第三节 误差传播定律	(69)
第四节 等精度直接观测值的最可靠值	(72)
第五节 权及加权平均值	(74)
习题	(78)
第六章 小地区控制测量	(80)
第一节 控制测量概述	(80)
第二节 导线测量	(82)
第三节 交会定点	(91)
第四节 高程控制测量	(96)
第五节 边长改化及坐标换带计算	(101)
习题	(103)
第七章 地形测量及地形图的应用	(105)
第一节 地形图的比例尺	(105)
第二节 地形图的分幅和编号	(106)
第三节 地物、地貌的表示方法	(108)
第四节 测图前的准备工作	(115)
第五节 碎部测量的方法	(117)
第六节 全站型电子速测仪在地形测量中的应用	(120)
第七节 地形图的绘制	(122)
第八节 地形图的应用	(124)
习题	(129)
第八章 施工测量的基本工作	(131)
第一节 概述	(131)
第二节 测设的基本工作	(132)
第三节 点位测设	(136)
第四节 激光技术在施工放样中的作用	(139)
第五节 高程放样及传递	(142)
习题	(143)
第九章 建筑工程施工测量	(145)
第一节 建筑场地的施工控制测量	(145)
第二节 民用建筑中的施工测量	(148)
第三节 厂房、库房建筑施工测量	(151)

第四节 管道工程的施工测量	(154)
第五节 建(构)筑物的变形观测	(157)
习题	(160)
第十章 码头施工测量	(161)
第一节 码头施工基线的布设	(161)
第二节 直桩的定位测量	(163)
第三节 斜桩的定位测量	(166)
第四节 前方交会法打桩定位测量	(172)
第五节 圆形断面桩的定位测量	(180)
第六节 桩顶标高定位测量	(185)
第七节 重力式码头的测量	(187)
习题	(192)
第十一章 水下地形测量	(194)
第一节 测深工具及其使用	(194)
第二节 测深线的布设和导标放样	(198)
第三节 水位观测	(202)
第四节 测深点的定位	(204)
第五节 水下地形测量的内业工作	(210)
第六节 水下地形测量自动化成图简介	(215)
习题	(217)
第十二章 GPS 全球定位系统及其在港航工程测量中的应用	(218)
第一节 GPS 全球定位系统简介	(218)
第二节 GPS 定位基本原理	(221)
第三节 GPS 测量的实施	(224)
第四节 差分 GPS 技术在港航工程测量中的应用	(230)
附录: 普通测量计算常用程序(PC-E500)	(232)
一、高斯投影和坐标换带计算程序	(232)
二、导线计算程序	(235)
三、交会点坐标计算程序	(238)
参考文献	(242)

第一章 绪 论

第一节 测量学的任务和其在港口和航道工程中的作用

测量学是研究应用测量仪器测定地面点的平面位置和高程,将地球表面的地形及其它信息测绘成图,以及确定地球形状和大小的科学。它的任务包括两个方面:

1. 测定地球表面地物和地貌的平面位置和高程,按一定比例缩小测绘成图,供国防、工程建设规划、设计、管理和科学研究用;
2. 将图纸上设计好的建、构筑物的位置测设到地面上,作为施工的依据。

测量学按其研究对象和应用范围可分以下几个分支学科:

普通测量学——研究地球表面局部地区测绘的基本理论、技术和方法的学科,是测量学的基础。

大地测量学——研究地球表面大区域范围内的点位测定及整个地球的形状、大小、地球重力场测定的理论和方法的学科。

摄影测量学——研究利用摄影或遥感技术获取被测物体的信息(影像或数字形式),进行分析处理,绘制地形图或获得数字化信息的理论和方法的学科。

工程测量学——研究工程建设在规划、设计、施工、管理各阶段进行的测量的理论和方法的学科。

测量学在社会生产的需求中诞生。最初用“准、绳、规、矩”进行土地丈量,用指南针定向。后来,随着望远镜、摄影测量、电子计算机、光电测距、遥感、卫星定位等新仪器、新科技、新理论的应用,使测定地面点平面位置和高程的方法简单化,速度加快,精度提高,加速了测量任务的完成,拓宽了测量成果的应用范围,推动了测量学科的新发展。

本教材主要阐述普通测量学和工程测量学中有关水运工程测量的基本内容,简称测量学。

测量在水运工程中起着极为重要的作用。为了发展航运事业,保证船舶航行的安全,需要进行水下地形测量,摸清江河两岸及河床地形情况,对航运进行疏竣整治;在修建港口及码头时,也先要进行水下地形测量,向设计部门提供建港区域的陆地和水下地形图;在进行码头施工时,把设计好的桩位用一定方法测设出来进行施工;对于重力式码头,也需要在水底进行定位平整。工程竣工后,对码头及一些重要的建筑物需进行形变观测,以保证安全。由于测量工作贯穿于水运工程规划、设计、施工、管理的各个阶段,因此工程技术人员必须懂得测量的基本知识和基本技能。

根据港航工程专业培养的目标,通过本课程的学习应掌握以下内容:

1. 测绘地形图——使用各种测量仪器和工具经过实地测量和计算,将小区域范围内的地物(道路、房屋、河流等),地貌(山地、丘陵、平原、洼地等)按一定比例和图式符号测绘成图。
2. 地形图的认识和应用——通过对图的基本要素(比例尺、图的分幅及编号、格网、图式等)的认识,获得工程设计中所需的资料,如地面点的坐标、高程、地面坡度、两点间的距离等,

以便于设计、施工。

3. 港、航工程专题应用——能进行水下地形图的测量,并根据不同时期的水下地形图勾绘冲淤等值线,为航道疏浚整治提供依据;能根据码头的设计图纸进行码头位置放样、各种桩位的放样以及港区各建、构筑物的施工放样。

第二节 地面点位置的确定

测量工作的实质是确定地面点的位置。测量的计算及地面点的位置与基准面有关。选择基准面必须知道地球的形状和大小。

一、地球的形状和大小

测量工作是在地球表面上进行的,所以必须了解地球的形状和大小。地球的自然表面上有高山、丘陵、盆地、平原和海洋。其中最高的珠穆朗玛峰高出海平面 8848.13m,最深的马里亚纳海沟低于海平面达 11022m。但是这样的高低起伏仅为地球半径 6371km 的 1.7‰,故对地球总形状的影响可忽略不计。

在地球表面,海洋面积占 71%,陆地面积占 29%,所以人们把海水面所包围的地球形体看作地球总的形状,即设想一个静止的水面,向陆地无限延伸,形成一个封闭的曲面,这个静止封闭的曲面称为水准面,水准面上任一点的铅垂线在该点与水准面正交。符合这一特点的水准面有无数个,其中通过平均海水面的水准面称为大地水准面,大地水准面所包围的形体称为大地体,见图 1-1 (a)。

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变化,致使大地水准面成为一个复杂又不易用数学式表达的曲面,因而无法在这曲面上进行测量数据处理。为此选用一个非常接近大地水准面,并可用数学式表达的几何形体来代替地球的形状作为测量计算工作的基准面。地球椭球是一个椭圆体绕其短半轴旋转而成的旋转椭球体,亦称为参考椭球体,如图 1-2 所示。旋转椭球体由长半径 a ,短半径 b 和扁率 α 所决定,其中 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 。我国目前

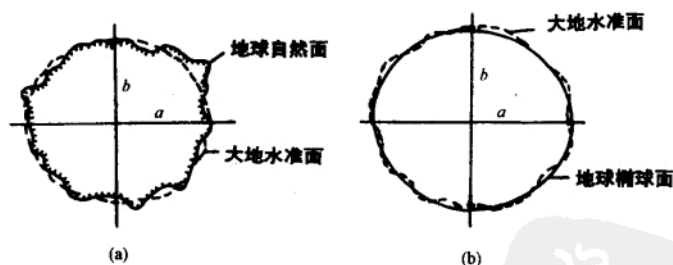


图 1-1

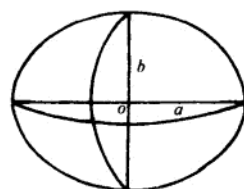


图 1-2

采用的是 1975 年国际大地测量与地球物理学联合会议认定的椭圆元素值为:

$$a = 6378140.0\text{m}$$

$$b = 6356755.3\text{m}$$

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = 1:298.257$$

并选用陕西泾阳县永乐镇某点为大地原点,进行大地定位。由此而建立起全国统一坐标系,这就是现在使用的“1980 年国家大地坐标系”。

由于地球椭球的扁率很小,因此,当测区范围不大时,可近似地把地球椭球作为圆球,其半径为 6371km。

二、确定地面点位的方法

地面点空间位置需要三个量确定,即该点在旋转椭球面上的位置或在高斯平面上的投影位置(坐标)及该点到大地水准面的铅垂距离(高程)来确定。

(一)地面点的高程

1. 绝对高程

从地面上一点沿铅垂线方向到大地水准面的距离称该点的绝对高程,或称海拔。如图 1-3 中 H_A 和 H_B 是 A 点和 B 点的绝对高程。

为了统一全国的高程系统,我国采用与黄海平均海面吻合的大地水准面作为全国高程系统的基准面,其高程为零,并在青岛建立了水准原点。目前我国采用“1985 年国家高程基准”,青岛水准原点的高程为 72.260m^①,全国各地的高程都以此为基准进行测算。除此之外,我国目前还有其它零点,如吴淞零点、珠江零点等,使用中要注意高程基准的统一和换算。

2. 假定高程

当个别地区引用绝对高程有困难时,可采用假定高程系统,即假定任意一水准面作为高程起算面。如图 1-3 中 H'_A 和 H'_B 分别为 A 点、B 点假定高程,亦称相对高程。

3. 高差

地面上两点高程之差称高差,用 h 表示。图 1-3 中 A、B 两点间的高差 h_{AB} 为:

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

由此可见,地面上两点间的高差与高程系统无关。

(二)地面点的坐标

地面点的坐标可根据需要,在地理坐标、高斯平面直角坐标和平面直角坐标中任选一种来确定。

1. 地理坐标

在确定大范围内地面点间的位置时,是以球面坐标系来表示。用经、纬度表示地面点在球面上的位置,称为地理坐标。地理坐标又因采用的基准面、基本线及测量计算坐标的方法不同而分为天文地理坐标和大地地理坐标两种。测量工作中,常用点在椭球面上位置的大地经度(L)和大地纬度(B)表示。

如图 1-4 所示,确定地面点的大地地理坐标,以赤道面和通过英国格林尼治天文台的子午面(始子午面)作为基准面。地面上任意一点的大地经度,即通过该点的子午面与起始子午面之间的夹角,以 L 表示。以起始子午面为准,向东 $0^\circ \sim 180^\circ$ 为东经;向西 $0^\circ \sim 180^\circ$ 为西经。地面上任一点的大地纬度,即通过该点的法线与赤道面的交角,以 B 表示。以赤道为基准,向北由 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称北纬;向南由 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称南纬。例如,南京的地理坐标,经度是东经 $118^\circ 46'$,纬度是

① 1956 年高程基准,其青岛原点高程为 72.289m,已于 1987 年通告废止。

北纬 32°04'。

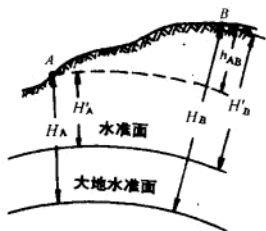


图 1-3

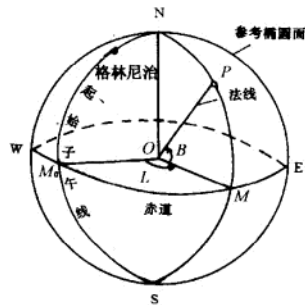


图 1-4

2. 独立平面直角坐标系

大地水准面虽是一个曲面,但当测量区域较小时(不大于半径 10km 的范围),可以用测区中心的切平面来代替大地水准面(图 1-5),规定南北方向为纵轴 X ,向北为正,向南为负;以东西方向为横轴 Y ,向东为正,向西为负。地面上某点 P 的位置可用 X_P 和 Y_P 来表示(图 1-6)。坐标轴将平面分成四个象限,象限 I、II、III、IV 按顺时针方向编号,这与数学中的规定是不同的,其目的是为了定向方便,将数学中的公式直接应用到测量计算中,不需作任何变更。原点 O 一般选在测区的西南角(见图中 O 点),使测区内各点的坐标均为正值。

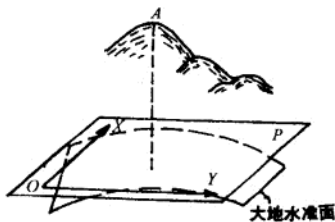


图 1-5

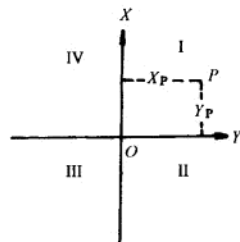


图 1-6

3. 高斯平面直角坐标

地理坐标只能用来确定地面点在参考椭球面上的位置,但测量上的计算和绘图,最好要求在平面上进行。因此,测量上将椭球面上的点投影到平面上称地图投影。因表面上的线段、图形投影到平面上,其长度、角度、面积均不变形是不可能的,所以测量上常要求角度不变,且小范围内经投影变换后图形相似。保持角度不变的投影称正形投影,我国采用的是高斯正形投影(简称高斯投影)。

为使长度和面积的变形能满足测图的要求,高斯投影的方法是根据经线将参考椭球面划分若干投影带,然后将每带投影到平面上。如图 1-7 所示,投影带从首子午线起每隔经差 6° 划为一带(称 6° 带)。自西向东将椭球面分成 60 个投影带。带号从首子午线起自西向东编,用阿拉伯数字 1、2、...60 表示。位于各带中央的子午线,称为该带的中央子午线。第一带的中央子午线经度为 3° 。已知任意一地方经度 L ,其所在 6° 带的带号 N_6 和该带中央子午线的经度 L_6 可按下式计算:

$$\left. \begin{aligned} N_6 &= 1NT(L/6 + 1) \\ L_6 &= 6N_6 - 3 \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

式中: N_6 ——6°带带号;

L_6 ——6°带中央子午线的经度;

L ——任意一地方的经度;

$1NT$ ——取整函数。

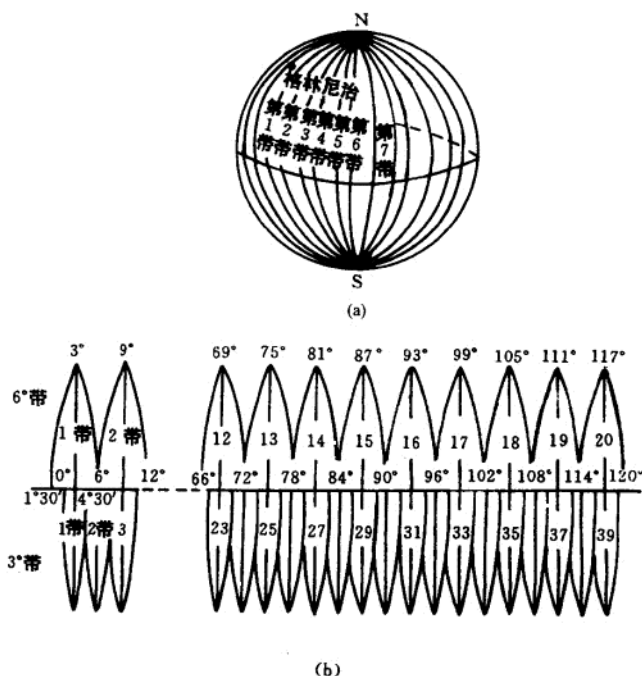


图 1-7

例如:南京中心区的经度为 $118^{\circ}46'$, 求其所在 6°带带号 N_6 和该带中央子午线的经度 L_6 为:

$$N_6 = 1NT\left(\frac{118^{\circ}46'}{6} + 1\right) = 20$$

$$L_6 = 6 \times N_6 - 3 = 117^{\circ}$$

高斯投影时是将参考椭球面上的线段、图形先投影到能展成平面的横圆柱面上,再使其展平。设想一个空心的横圆柱横套在椭球体外面,使横圆柱的中心轴线通过椭球中心并位于赤道面内,如图 1-8(a)所示,与椭球面某一中央子午线相切,将中央子午线东、西各 3°地带上的图形投影到横圆柱面上,然后将圆柱体沿南北极母线, K_1K_2 、 L_1L_2 切开,展成平面,如图 1-8 (b)。这个平面称高斯投影平面。高斯投影除保持投影前后的角度不变外,其中央子午线在高斯投影面上为直线,且长度不变,其余子午线均为凹向中央子午线的曲线,且长度大于投影前的长度,离中央子午线愈远长度变形愈大。赤道投影后为一直线,并与中央子午线垂直,其余纬线为凸向赤道线的曲线。经纬线投影后仍保持互相垂直。

高斯投影平面内,以中央子午线为坐标纵轴 X ;以赤道为横轴 Y ;两轴交点 O 为坐标原

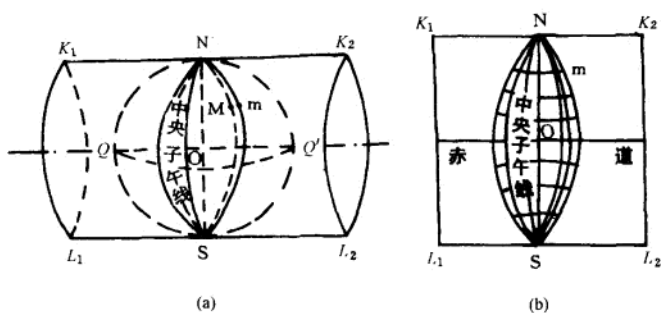


图 1-8

点,则构成高斯平面直角坐标系,如图 1-9 所示。纵轴向北为正,向南为负;横轴向东为正,向西为负。我国位于北半球, X 坐标值均为正值,而 Y 坐标值有正有负,如图 1-9 (a)中, $Y_A = +148680.54\text{m}$, $Y_B = -134240.69\text{m}$ 。为了避免横坐标出现负值,将每带的坐标纵轴向西平移 500km,使每点的横坐标值均为正值。如图 1-9 (b)中 $Y_A = 500000 + 148680.54 = 648680.54\text{m}$; $Y_B = 500000 - 134240.69 = 365759.31\text{m}$ 。并规定在横坐标前加上投影带号。如 A 点位于第 20 带内,则其横坐标 $Y_A = 20648680.54$ 。这种加 500km 再加带号的坐标称为国家统一坐标。

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,纬度愈低变形愈大,两侧对称。当测绘大比例尺地形图要求投影变形更小时,可采用 3° 分带投影法和 1.5° 分带投影法,以限制长度的变形。已知某地点的经度 L ,则可按式求得其在 3° 带的带号 N_3 及该带的中央子午线的经度:

$$\left. \begin{aligned} N_3 &= 1NT(L/3 + 0.5) \\ L_3 &= 3N_3 \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

第三节 用水平面代替水准面的限度

用水平面来代替水准面,使测量和绘图工作大为简化,下面讨论用水平面代替水准面所引起的各种误差影响。为叙述方便,假设地球是圆球。

一、对距离的影响

如图 1-10 所示, A 、 B 、 C 是地面点,它们在大地球水准面上的投影点为 a 、 b 、 c ,用该区域中心点的切平面代替大地水准面后,地面点在水平面上的投影点是 a' 、 b' 和 c' ,现分析由此而产生的影响。设 A 、 B 两点在大地球水准面上的距离为 D ,在水平面上的距离为 D' ,两者之差 ΔD ,即是用水平面代替水准面所引起的距离差异,由此可得:

$$\Delta D = D' - D = R \cdot \tan\theta - R\theta = R(\tan\theta - \theta) \quad (1-4)$$

按级数展开 $\tan\theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \frac{2}{15}\theta^5 + \dots$, 因 θ 角很小, 只取前二项代入上式, 得

$$\Delta D = R\left(\theta + \frac{1}{3}\theta^3 - \theta\right) = \frac{R\theta^3}{3}$$

因 $\theta = \frac{D}{R}$, 故

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

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

取 $R = 6371\text{km}$, 用不同的 D 可以计算出距离误差 ΔD 和相对误差 $\Delta D/D$ 。

$D_1 = 10\text{km}$	$\Delta D_1 = 0.8\text{cm}$	$\Delta D_1/D \approx 1:1220000$
$D_2 = 25\text{km}$	$\Delta D_2 = 12.8\text{cm}$	$\Delta D_2/D \approx 1:200000$
$D_3 = 100\text{km}$	$\Delta D_3 = 821.21\text{cm}$	$\Delta D_3/D \approx 1:12000$

由以上数据可知, 当 $D = 10\text{km}$ 时, 以水平面代替水准面所产生的相对误差为 1:122 万, 现在最精密的距离测量容许误差仅为 1:100 万, 因此在半径为 10km 的范围 (314km^2) 内进行距离测量可以把水准面当作水平面看待, 而不用考虑地球曲率对距离的影响。

二、对角度的影响

由球面三角学可知, 同一空间多边形在球面上投影的各内角和, 比在平面上投影的各内角和, 要大一个球面角超 ϵ''

$$\epsilon'' = \rho'' \frac{P}{R^2} \quad (1-7)$$

式中: P ——球面多边形的面积;

R ——地球半径;

ρ'' ——弧度的秒值。

当 $P = 100\text{km}^2$ 时, $\epsilon'' = 0''.51$;

当 $P = 400\text{km}^2$ 时 $\epsilon'' = 2''.03$ 。

对于面积在 100km^2 的多边形, 其角度误差很小, 只在精密测量中才需要考虑这项误差的影响, 一般的测量工作, 可不予考虑。

由于确定点的平面位置的主要测量工作是距离测量和角度测量(见第三、四章), 因此根据以上分析可知, 当测区面积小于 100km^2 时, 可以把大地水准面当作水平面看待。在测量精度要求较低的情况下, 这个范围还可以扩大。

三、对高差的影响

如图 1-10 所示, 地面点 B 的高程应是铅垂距离 bB , 用水平面代替水准面后, B 点的高程为 $b'B$, 两者之差 $\Delta h = bb'$, 即为对高程的影响。由图可得:

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

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

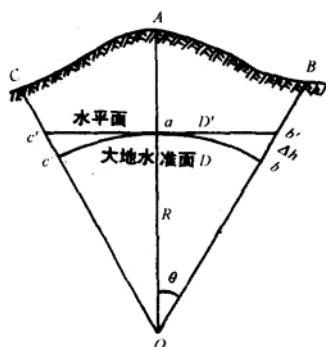


图 1-10

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

上式中,水平距离 D' 用弧长 D 代替,而 Δh 和 $2R$ 相比可忽略不计,则:

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (1-8)$$

以不同的 D 值代入上式,可得到相应的高程误差值:

$$D = 100\text{m} \quad \Delta h = 0.078\text{cm}$$

$$D = 1000\text{m} \quad \Delta h = 7.8\text{cm}$$

由此看出,用水平面代替水准面,对高程的影响是很大的,它与弧长 D 的平方成正比。因此,就高程测量而言,即使距离很短,也应顾及地球曲率对高程的影响,或采取相应的措施加以减弱。

第四节 测量工作的基本原则和方法

一、测量工作的基本原则

测量工作的主要任务是确定地面点的平面位置和高程,以便根据这些点位的数据绘制成图或为施工提供必要的资料。测量工作中不可避免地会产生误差,为了防止误差的传递与积累,保证测区内点位之间达到应有的精度,测量工作应采取正确的程序和方法进行,即必须遵循以下基本原则:布局上“由整体到局部”;精度上“由高级到低级”;顺序上“由控制到碎部”。为此应根据测区整体的地形、大小和精度要求,决定布设控制网的形式及等级。然后先测控制网,再逐级加密,再以控制点为基础进行碎部测量。

以测图为例,如图 1-11(a)所示,在测区内选定若干具有控制意义的点 A 、 B 、 C 、 D …等组成一定几何图形,用较精密的仪器、较严密的方法测定其平面位置和高程,这些控制点的点位精度较高,控制了误差传递的范围和大小,由这些控制点组成的图形称为控制网,测定控制点位置的工作称控制测量。控制测量分平面控制测量和高程控制测量。在控制测量的基础上用一定方法和精度测定地物、地貌的位置称为碎部测量,如图中房屋、道路、山地等位置,测量工作按顺序分为“先控制”,“后碎部”两步进行。以保证图的完整拼接,并使测图的精度统一、均匀。

施工放样是把图上设计的建筑物、构筑物位置在实地上测设出来,作为施工依据。为使地面标定出的建筑物、构筑物成为一个有机联系的整体,施工放样也需要遵循测量工作的基本原则“由整体到局部”,“先控制后放样”来进行。

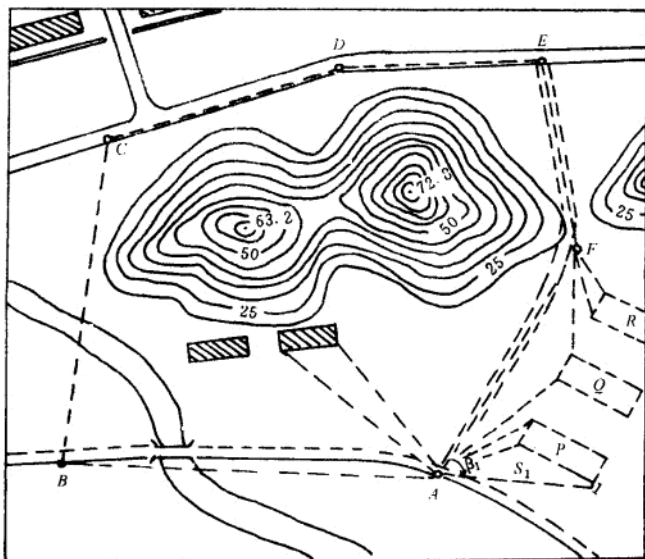
如图 1-11 (b)所示,要将图上设计好的建筑物 P 、 Q 、 R 的位置准确地标定到实地上,首先应根据控制点 A 和建筑物 P 的设计坐标,计算放样元素,然后仪器安置于控制点 A 上,进行建筑物各细部点的放样。放样是设计和施工之间的桥梁,通常实地放样为施工放样。

二、确定地面点位的三项基本工作

无论是控制测量、碎部测量,施工放样,其实质都是确定地面点的位置。如图 1-12 所示,地面上三点 A 、 B 、 C 投影到水平面 P 上的位置为 a 、 b 、 c 。为了确定 A 、 B 、 C 三点的位置,需要进行下列测量工作。



(a)



(b)

图 1-11

1. 测量出地面上 AB 、 BC 两条边在水平面上投影的长度(水平距离) D_{ab} 、 D_{bc} ;

2. 测量出 BA 、 BC 两方向在投影面 P 上的 ba 与 bc 之间的夹角 β (水平角)。

3. 测量出 A 、 B 、 C 各点间的高差 h_{ab} 、 h_{bc} 。若已知其中一个点的高程,其余两点的高程即可求得。

由此可见,确定地面点位的三项基本测量工作是:距离测量、水平角测量和高程测量。

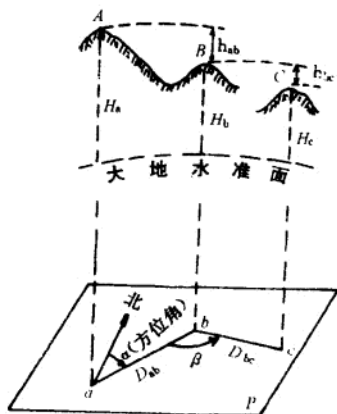


图 1-12

习 题

1. 测量学研究的对象是什么? 它在港口及航道工程中有何作用?