

新世纪高等职业教育规划教材

Kuangshan Celiang

矿山测量

主编 何沛锋 副主编 姬 婧 吴贵才 王永祥 乔殿荣

China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学出版社

新世纪高等职业教育规划教材

矿山测量

主 编 何沛锋
副 主 编 姬 婧 吴贵才
 王永祥 乔殿荣

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是高等职业院校非测量专业的专业基础课教材。全书共分十三章,第一章至第六章为基础部分,包括测量学基本知识、水准测量、角度测量、距离测量、小地区控制测量和地形图的基本知识;第七章至第十三章为各专业根据不同需要的选学部分,包括地质勘探工程测量、矿井联系测量、井下控制测量、巷道及采煤工作面测量、井筒施工测量、矿图、地表与岩层移动简介。

本书主要适用于采矿工程、地质工程、矿井建设、机械化采煤等专业或方向使用,也可作为与上述专业有关的职业大学、函授大学及自学者的教材,同时亦能作为中等职业技术学校有关专业师生的教材及参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

矿山测量/何沛锋主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2005.11

ISBN 7-81107-153-3

I. 矿… II. 何… III. 矿山测量—高等学校:技术学校—教材 N. TD17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 089537 号

书 名 矿山测量
主 编 何沛锋
责任编辑 潘俊成
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂
经 销 新华书店
开 本 787×1092 1/16 印张 13 字数 316 千字
版次印次 2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷
定 价 24.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

教材建设是高等学校建设的一项基本内容,高质量的教材是培养合格人才的基本保证。大力发展高等职业教育,培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的高等技术应用型人才,要求我们必须重视高职教材的改革与建设,编写和出版具有高职特色的教材。

本教材的编写,力图体现以下特点:一是内容要新,适当反映本学科领域内的新发展;二是教材内容要突出高职教育的特点,体现应用性和实用性;三是教材必须针对相关专业的培养目标、业务规格(包括知识结构和能力结构)和教学大纲的基本要求;四是符合我国的国情,取材恰当,适用性较强;五是基础理论适度,以培养能力为主,加强实践性教学内容。同时,针对非测量专业学生学习本课程的特点,教材内容力求简明扼要、突出重点,从而使教材不仅便于教师组织教学,又适合学生自学。教材在结构上分为必学和选学两部分:第一章至第六章是基础部分,为各专业学生的必学内容;第七章至第十三章是专业应用部分,供不同专业学生根据需要选学。教学时,有关章节内容可以全讲,也可以根据课时和需要选讲、精讲(所余部分内容可供学生参考或自学)。教材中加入了课堂教学实践和测量实习纲要等实训内容,更便于师生开展实践性教学。

本教材适用于采矿工程、地质工程、矿井建设、机械化采煤等专业大类或方向使用,也可供有关技术人员参考。参加编写的人员有甘肃煤炭工业学校何沛锋(第一、五、八章),河南平顶山工业职业技术学院姬婧(第二、三、四章)、王永祥(第六、七章),山西雁北煤炭工业学校乔殿荣(第九、十章),辽宁工程技术大学职业技术学院吴贵才(第十一、十二、十三章)。全书由何沛锋统稿。

在本书的编写过程中,参阅了大量文献,引用了同类书刊中的部分资料,在此,谨向有关作者表示衷心的感谢!

由于编者水平所限,加之时间紧迫,书中难免存在错漏之处,恳请广大读者不吝指正。

编 者

2005年7月

目 录

第一章 测量学基本知识	1
第一节 绪论	1
第二节 地面点位的确定	2
第三节 测量工作概述	7
第四节 直线定向	8
第五节 测量误差的概念	11
复习思考题	16
课堂实践及要求	17
第二章 水准测量	18
第一节 水准测量原理	18
第二节 水准仪的构造和使用	19
第三节 水准尺及其读法	23
第四节 水准测量	24
第五节 自动安平水准仪及电子水准仪简介	31
复习思考题	32
课堂实践及要求	33
第三章 角度测量	34
第一节 角度测量原理	34
第二节 DJ ₆ 级光学经纬仪	35
第三节 角度测量	38
第四节 全站仪及其使用	46
复习思考题	51
课堂实践及要求	52
第四章 距离测量	53
第一节 概述	53
第二节 钢尺量距	53
第三节 视距测量	57
第四节 电磁波测距简介	59
复习思考题	61
课堂实践及要求	61

第五章 小地区控制测量	62
第一节 概述	62
第二节 平面控制测量	64
第三节 高程控制测量	76
第四节 GPS 技术在控制测量中的应用	79
复习思考题	83
课堂实践及要求	84
第六章 地形图的基本知识	85
第一节 地形图的基本知识	85
第二节 地形图的分幅与编号	92
第三节 测图的准备工作	96
第四节 常规测图方法	97
第五节 地形图的绘制	101
第六节 数字化测图简介	103
第七节 地形图的识读和应用	106
复习思考题	111
课堂实践及要求	112
第七章 地质勘探工程测量	113
第一节 勘探工程测量	113
第二节 地质剖面测量	115
第三节 地质填图测量	117
复习思考题	118
课堂实践及要求	118
第八章 矿井联系测量	119
第一节 概述	119
第二节 矿井平面联系测量	119
第三节 矿井高程联系测量	126
复习思考题	128
课堂实践及要求	128
第九章 井下控制测量	129
第一节 井下平面控制测量	129
第二节 井下高程测量	134
复习思考题	137
课堂实践及要求	137
第十章 巷道及采煤工作面测量	138
第一节 巷道中线的标定工作	138
第二节 巷道腰线的标定	142

第三节 激光指向仪及其应用.....	146
第四节 采区测量.....	147
第五节 贯通测量.....	151
复习思考题.....	155
课堂实践及要求.....	156
第十一章 井筒施工测量.....	157
第一节 标定工作的基本方法.....	157
第二节 井筒中心及井筒十字中线的标定.....	163
第三节 立井井筒施工测量.....	165
第四节 井底车场及硐室施工测量.....	171
复习思考题.....	177
课堂实践及要求.....	177
第十二章 矿图.....	178
第一节 概述.....	178
第二节 标高投影.....	178
第三节 采掘工程图.....	182
第四节 主要巷道平面图.....	186
第五节 井上下对照图.....	187
第六节 其他矿图与计算机绘制矿图简介.....	188
复习思考题.....	189
课堂实践及要求.....	189
第十三章 岩层移动与保护煤柱.....	190
第一节 岩层与地表移动概念.....	190
第二节 确定移动角的方法.....	193
第三节 保护煤柱的留设.....	195
复习思考题.....	196
课堂实践及要求.....	196
测量实习纲要.....	197
参考文献.....	200

第一章 测量学基本知识

第一节 绪 论

测量学是研究地球的形状和大小以及确定地面点位置的科学。它的主要任务包括确定地球的形状和大小、测定和测设三个部分。测定就是使用测量仪器和工具,将测区内的地物和地貌缩绘成地形图,供规划设计、工程建设和国防建设使用。测设(也称放样)就是把图上设计好的建筑物和构筑物的位置标定到实地上去,以便于施工。

测量学是一门古老的科学。相传在公元前 21 世纪,禹奉舜命治理洪水,《史记·夏本纪》中“左准绳,右规矩”的记载,就是对当时进行测量工作的描述。

随着国民经济的发展和科学技术的进步,测量学在生产中的作用越来越大,所涉及的内容也愈来愈丰富,并派生出许多分支学科:

- ① 研究整个地球的形状和大小以及大地区控制测量问题的大地测量学。
- ② 研究测绘小地区地形图,把地球表面看作平面而不考虑地球曲率影响的地形测量学。
- ③ 利用摄影像片来测定物体的形状、大小和空间位置的摄影测量学,它又可分为航空摄影测量学、地面摄影测量学、水下摄影测量学和航天摄影测量学等分支学科。
- ④ 以海洋和陆地水域为对象进行测量工作的海洋测绘学。
- ⑤ 为满足工程建设的需要,结合各种工程建设的特点而进行测量工作的工程测量学;研究如何确保矿产资源的合理开发、安全生产和矿区环境治理的矿山测量学。
- ⑥ 研究利用所获得的测量成果资料,编绘和制印各种地图的制图学。

随着遥感(RS)、全球定位系统(GPS)和地理信息系统(GIS)等新技术的不断发展,新的测量分支学科不断涌现。本书的前半部分主要讲述地形测量学,后半部分主要讲述工程测量学和矿山测量学的内容。

测绘科学的应用范围很广:在国民经济建设和社会发展规划中,测绘信息是最重要的基础信息之一;在国防建设中,军事测绘和军用地图是现代化大规模诸兵种协同作战必不可少的重要保障;在科学实验、航空航天、地壳形变和地震预报等研究工作中,也都要应用测绘资料。

在地质勘探工程中的地质普查阶段,要为地质人员提供地形图和有关测量资料作为填图的依据;在地质勘探阶段,要进行勘探线、网、钻孔的标定和地质剖面测量。

在采矿工程中,测量工作起着重要的作用,在矿区开发的全过程中都要进行测量工作。在矿井建设阶段,要进行建井和开拓所需的施工和设备安装测量;在生产阶段,除进行井下控制测量和采区测量外,还要开展矿体几何和储量管理、岩层移动监测和地面建筑物保护、

矿区环境治理等工作。

通过以上介绍可以看出,测量工作在各种工程中均占有重要的地位。因此,地质、采矿和建井等专业的学生都必须学好测量学,以便在实际工作中运用测量科学知识解决实际技术问题。

第二节 地面点位的确定

一、测量工作的基准面

测量工作是在地球表面进行的,为了确定地面点的位置,就要选择一个合适的投影面作为基准面。自然地球表面很不规则,有高山、平原、深谷、丘陵和海洋等。地球上最高的珠穆朗玛峰,高出平均海水面 8 844.43 m(2005 年 5 月重新测定),最低的马里亚纳海沟,大部分低于平均海水面 8 000 m,最深处达 11 034 m。但这些高低起伏与巨大的地球半径(平均为 6 371 km)相比,可以忽略不计。若顾及到地球上陆地面积仅占整个地球表面的 29%,而海洋面积占 71%,则可以认为地球是被静止的海水面所包围的球体。

地球上任一点都受到重力的作用。重力的方向线称为铅垂线,铅垂线是测量工作的基准线。静止的水面所形成的曲面称为水准面。过水准面上任意一点所作的铅垂线,在该点均与水准面正交。与水准面相切的平面称为水平面。由于水面可高可低,因此水准面有无穷多个,其中与平均海水面重合并向陆地延伸所形成的封闭曲面,称为大地水准面。大地水准面是测量工作的基准面。由大地水准面所包围的地球形体,称为大地体,它代表了地球的自然形状和大小。

大地水准面与地球自然表面相比,可称得上是一个光滑的曲面。但由于地球内部质量分布的不均匀性,使得铅垂线的方向产生不规则的变化,结果是大地水准面变成了一个有微小起伏变化的、不规则的复杂曲面(图 1-1)。在这样的曲面上是无法进行测量计算的,因此,为了计算和绘图方便,通常选择一个非常接近于大地水准面并可用数学式表示的几何曲面来代表地球的形状,这个面称为旋转椭球体面或地球椭球体面,如图 1-2 所示。旋转椭球体的大小由长半径 a 和短半径 b ,或由一个半径 a 和扁率 α 所决定。 α 由下式计算:

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

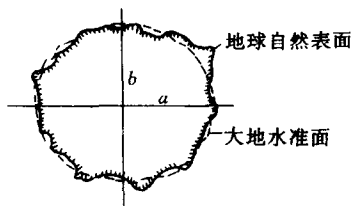


图 1-1

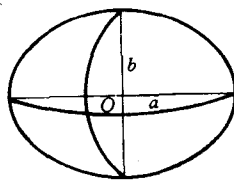


图 1-2

世界各国都采用适合本国情况的椭球体元素。我国在 1952 年以前采用海福特椭球,解放后曾一度采用苏联的克拉索夫斯基椭球参数作为测量计算的依据,其数值为:

$$a = 6\,378\,245 \text{ m} \quad b = 6\,356\,863 \text{ m} \quad \alpha = 1 : 298.3$$

目前我国采用的椭球元素数值为：

$$a = 6\,378\,140\text{ m} \quad b = 6\,356\,755\text{ m} \quad \alpha = 1 : 298.257$$

并选择西安附近的泾阳县永乐镇某点作为大地原点，由此建立的坐标系称为“1980 年国家大地坐标系”。

因地球椭球扁率很小，所以当测区范围不大时，可将地球视为圆球，其半径为 6 371 km。

二、地面点位置的表示方法

测量工作的基本任务是确定地面点的位置。确定地面点的空间位置需要三个量，即平面坐标和高程。

(一) 平面坐标

1. 地理坐标

在球面上，地面点的位置通常用经纬度表示。某点的经纬度称为该点的地理坐标。

如图 1-3 所示，NS 为地球自转轴，称为地轴。通过地轴和地球上任意一点 P 的平面与地球表面的交线称为 P 点的真子午线（经线）。通过英国格林尼治天文台的子午线，称为本初子午线。垂直于地轴的各平面与地球表面的交线，称为纬线。过地心且与地轴垂直的平面称为赤道面，赤道面与地球表面的交线称为赤道。

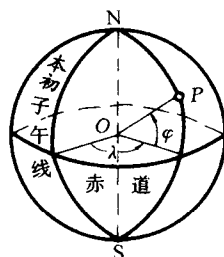


图 1-3

经度从本初子午线起算，向东为东经 ($0^\circ \sim 180^\circ$)，向西为西经 ($0^\circ \sim -180^\circ$)，经度通常用符号 λ 表示。纬度从赤道起算，向北为北纬 ($0^\circ \sim 90^\circ$)，向南为南纬 ($0^\circ \sim -90^\circ$)，纬度通常用符号 φ 表示。我国位于东半球和北半球，所以国内的地理坐标都是东经和北纬。例如，北京市某点的地理坐标为东经 $116^\circ 20' 50''$ 、北纬 $39^\circ 55' 37''$ 。

上述 P 点的经纬度，称为天文经纬度，它是以往过 P 点的铅垂线为依据的。若以椭球面的法线为依据，则 P 点的经纬度称为大地经纬度，并分别以 L 表示大地经度，以 B 表示大地纬度。由于所依据的基准线不同，所以两者稍有差异，但差异很小，在地形测量中可不予考虑。

2. 高斯平面直角坐标系

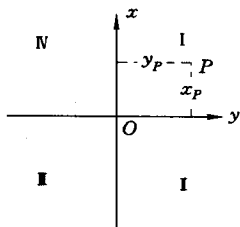


图 1-4

大地水准面虽是曲面，但当测量区域较小（如在半径小于 10 km 的范围内）时，可以将其当做平面来看待。在这种情况下，地面点的位置可用平面直角坐标表示。图 1-4 所示为测量工作中采用的坐标系。规定南北方向为纵轴，记为 x 轴， x 轴向北为正，向南为负；以东西方向为横轴，记为 y 轴， y 轴向东为正，向西为负。测量坐标系的 I、II、III、IV 象限为顺时针方向编号。测量坐标系与数学坐标系的规定是不同的，其目的是为了便于定向，可以不改变数学公式而直接将其应用于测量计算中。地面某点 P 的平面位置可用 (x_P, y_P) 表示。

当测区范围较大时，就不能把水准面看作水平面，必须采用适当的投影方法，建立全球性的统一平面直角坐标系。测量中通常采用高斯投影方法和高斯平面直角坐标系。

(1) 高斯投影的概念

地图投影的种类很多,但是任何一种投影方法都无法同时消除各种变形。对于不同变形,可以根据需要采用不同的投影方法加以控制,使全部变形减小到某一适当程度,或使某一种变形全部消除。对于地形图的测绘来说,要求投影后的角度保持不变形,同时长度变化也要尽可能小,只有采用正形投影才能满足上述要求。目前我国采用的高斯投影,就是一种横圆柱正形投影。现介绍高斯投影的概念如下。

如图 1-5(a)所示,假想地球为一圆球,把它放进横置的圆柱内,使圆柱面和地球的某子午线 POP_1 相切,这条子午线称为中央子午线,或称轴子午线。同时使横圆柱的轴 Z_1Z_2 通过地球中心,并垂直于中央子午线的平面,用数学方法,在保持等角的条件下将中央子午线及其附近的元素投影到横圆柱上,然后将圆柱面通过极点 P (或 P_1)的母线切开,展为平面,就得到投影平面上的元素。图 1-5(b)是中央子午线及其附近的经纬线在投影平面上的图形。

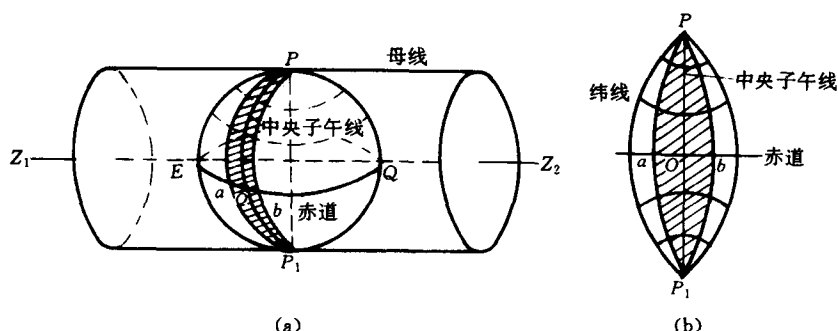


图 1-5

高斯投影的规律是:

- ① 中央子午线 POP_1 的投影为一条直线,且投影之后的长度无变形;其余子午线的投影均为凹向中央子午线的曲线,且以中央子午线为对称轴,离对称轴越远,其长度变形也就越大。
- ② 赤道的投影为直线,其余纬线的投影为凸向赤道的曲线,并以赤道为对称轴。
- ③ 经纬线投影后仍保持相互正交的关系,即投影后无角度变形。
- ④ 中央子午线和赤道的投影相互垂直。

(2) 高斯平面直角坐标

高斯投影虽能使角度不变形,但却不能使长度不变形,且离中央子午线愈远这种变形愈大。为了限制这种变形,可采用分带投影的办法,使每一投影带只包括中央子午线及其两侧的邻近部分。

在中、小比例尺测图中,大都采用 6° 分带法,即从首子午线开始,按经差 6° 为一带,将地球分成 60 个投影带,并编号 1、2...60,如图 1-6(a)所示。如果将图 1-6(a)中的地球,依次转动 6° ,使之与邻带的分带子午线(即邻带的边缘子午线)相切,投影后依前法展为平面,则各投影带在平面上的图形如图 1-6(b)所示。 6° 带的带号与其中央子午线的经度(L_0)有下列关系:

$$\text{带号} \times 6^\circ - 3^\circ = L_0$$

在 1:10 000 及大比例尺测图中,因采用 6° 分带法不能满足测图的精度要求,故又采用

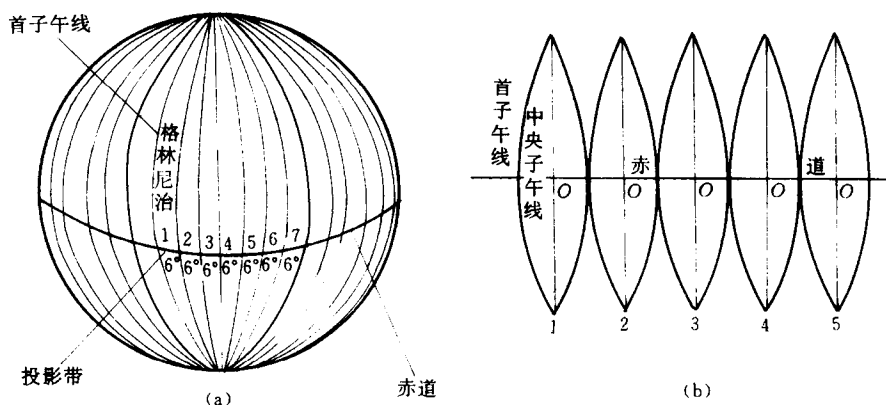


图 1-6

3°或 1.5°分带法。3°投影带的划分,是从经度 1.5°的子午线开始,按经差 3°为一带,把地球分为 120 个带。实际上 3°带是在 6°带的基础上划分的,所以 3°带的中央子午线有一半同 6°带的中央子午线重合,另一半则和 6°带的分带子午线重合,这样便于 3°带和 6°带的换算。

我国地跨 11 个 6°带,6°带和 3°带的中央子午线均由经度 75°起,分别每隔经差 6°及 3°至经度 135°止,如图 1-7 所示。3°带的带号与其中央子午线经度(L_0)有下列关系:

$$\text{带号} \times 3^\circ = L_0$$

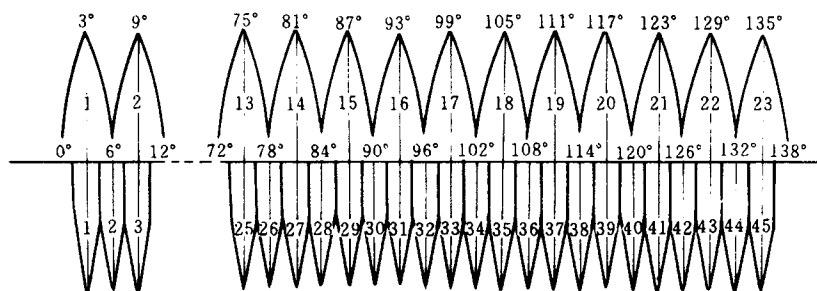


图 1-7

分带投影后,各带的中央子午线都和赤道垂直,以中央子午线作为纵坐标轴 x ,赤道为横坐标轴 y ,其交点 O 为坐标原点。这样,在每个投影带内,便构成了一个既和地理坐标有直接关系、又有各自独立的平面直角坐标系,称为高斯—克吕格坐标系,如图 1-6(b)所示。

在图 1-8 中,纵坐标 x 由赤道向北为正,向南为负;横坐标 y 由中央子午线向东为正,向西为负。我国位于北半球,所以 x 值均为正值。但每个投影带内的横坐标 y 却有正有负,这个问题需要加以讨论。为了使横坐标 y 不出现负值,则无论 3°带或 6°带,每带的纵坐标轴都要西移 500 km,即在每带的横坐标上加 500 km。由于在赤道上经差 3°的弧长,经投影后在平面上的长度仅为 333.963 km,因此在一个投影带中加了 500 km 以后,就不会出现负的横坐标值。这样,位于中央子午线以东的各点的横坐标都大于 500 km,而位于中央子午线以西的各点的横坐标都小于 500 km。另外,为了指明该点属于何带,还规定在横坐标 y 值之前要

写上带号。未加 500 km 和带号的横坐标值称为自然值,加上 500 km 和带号的横坐标值称为通用值。

图 1-8 中,设 A、B 两点位于 6°投影带的第 20 带,其横坐标的自然值为:

$$y_A = 37\ 680\text{ m (在中央子午线以东)}$$

$$y_B = -74\ 240\text{ m (在中央子午线以西)}$$

将 A、B 两点横坐标的自然值加上 500 km 并加注带号后,便得横坐标的通用值,即:

$$y_A = 20\ 537\ 680\text{ m}$$

$$y_B = 20\ 425\ 760\text{ m}$$

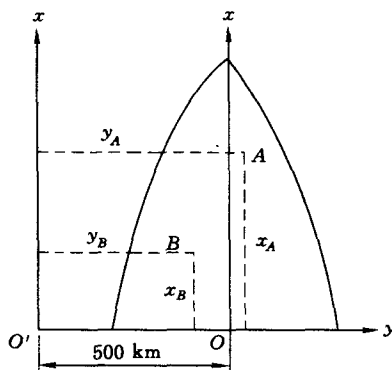


图 1-8

加上 500 km 的另一个好处是,使带号后的数字总是六位数。如 y_A 在 20 投影带内,537 680 是六位数,这样就很容易知道某个横坐标属于哪一带。例如有一个点的横坐标 $y = 4\ 307\ 000\text{ m}$,很明显,这一点属于 4 带,而不属于 43 带,因去掉后面六位数 307 000 后,只剩下数字 4,即 4 带。

在每个投影带内,按相等的间隔,作一系列平行于纵轴和横轴的直线,就组成了平面直角坐标格网。其间隔一般为 1 km 或 2 km,故称公里格网。

(二) 高程

1. 绝对高程

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。两点间的高程差,称为高差。如图 1-9 所示, H_1 、 H_2 分别表示 A、B 两点的绝对高程, h 为两点间的高程差,即:

$$h = H_2 - H_1 \quad (1-2)$$

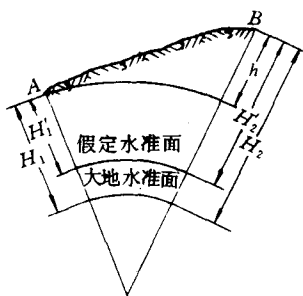


图 1-9

解放前,我国采用的高程基准面十分混乱,解放后国家在青岛设立了验潮站。根据 1950~1956 年的验潮资料,推算的黄海平均海水面作为我国高程的起算面。据此推求的青岛国家水准原点的高程为 72.289 m。这一系统简称为“1956 年黄海高程系”。20 世纪 80 年代初,国家又根据 1953~1979 年的验潮资料,推算出新的平均海水面。据此推求的青岛国家水准原点的高程为 72.260 m。这一系统称为“1985 年国家高程基准”。该基准于 1985 年执行,因此当使用以前的高程测量成果时,应注意高程基准的统一和换算。

2. 假定高程

在局部地区或某项工程建设中,当引测绝对高程有困难时,可以任意假定一个水准面为高程起算面。从某点到假定水准面的垂直距离,称为该点的假定高程或相对高程。如图 1-9 中的 H'_1 、 H'_2 为 A、B 两点的假定高程。采用假定高程时,应先在测区内选定一个高程基准点并确定其假定高程值,再以它为准推算其他各点的假定高程。但应注意,在一个特定的区域内,只能选择一个假定水准面,否则会发生混乱。

第三节 测量工作概述

做任何工作都必须遵循一定的原则,按照一定的步骤进行,才能做到有条不紊、保质保量。测量工作也不例外。

测量工作的服务领域虽然十分广泛,内容也很繁杂,但其含义不外乎两大类,即地形图测绘和施工放样。其基本工作内容就是测角、测距和测高差。

地球表面复杂多样的形态可分为地物和地貌两大类。地面上的固定性物体,如房屋、道路、桥梁等,称为地物;地球表面各种高低起伏的形态,如高山、深谷、陡坡、悬崖和冲沟等,称为地貌。地物和地貌总称为地形。下面以将地物和地貌测绘到图纸上为例,介绍测量工作的原则和程序。

图 1-10(a)所示为一幢房屋的示意图,其平面位置图由一些折线组成,如能确定 1~4 各点的平面位置,则这幢房屋的位置就确定了。图 1-10(b)所示是一个池塘的示意图,只要能确定 5~16 各点的平面位置,则这个池塘的位置也就确定了。一般将表示地物形态变化的 1~16 点称为地物特征点,也叫碎部点。至于地貌,虽然其地势起伏变化较大,但仍然可以根据其方向和坡度的变化,确定其特征点,并据此把握地貌的形状和大小。因此,不论地物还是地貌,其形状和大小都是由一系列特征点(或碎部点)的位置决定的。测图工作就是测定这些碎部点的平面坐标和高程。

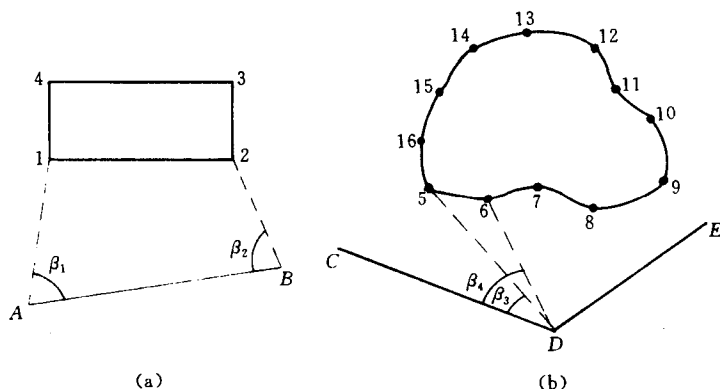


图 1-10

如图 1-10 所示,如果事先已用较精确的方法测定了 A、B、C、D、E 点的坐标,测图时,在 A 点架设仪器,测出 1 点与 AB 边的夹角 β_1 和 1 点到 A 点的距离,则根据 A、B 两点的坐标,就可求出 1 点的坐标。同理,可求出 2、3...16 等各点的坐标。有了这些坐标,就可以在图纸上绘制地形图了。在测量工作中,把 A、B...诸点称为控制点,由控制测量方法得到,而测定碎部点 1、2...的工作,称为碎部测量。因此,测定碎部点的位置通常分两步进行:先进行控制测量,再进行碎部测量。这种“先控制后碎部、从整体到局部”的方法是测量工作应遵循的原则。只有这样,才能保证全国统一的坐标系统和高程系统,使地形图可以分幅测绘,加快测图速度;才能减少误差的累积,保证测量成果的精度。测量工作应遵循的另一个原则就是“步步有检核”。这一原则的含义是,测量工作的每项成果必须要有检核,检查无误后方能进行下

一步工作,中间环节只要有一步出错,以后的工作就会徒劳无益。如从上述测图过程可知,当测定控制点的相对位置有错误时,以其为基础所测定的碎部点位也就有错误。因此,只有坚持“步步有检核”的原则,才能保证测量成果合乎技术规范的要求。

综上所述,无论是控制测量、碎部测量还是施工放样,其实质都是确定地面点的位置,也就是先测定三个元素——水平角 β 、水平距离 l 和高差 h 。所以说,高程测量、距离测量和水平角测量是测量的基本工作,观测、计算和绘图是测量工作的基本技能。

第四节 直线定向

确定地面两点在平面上的相对位置,除需要确定两点之间的距离外,还要确定两点间直线的方向。确定一直线与标准方向间角度关系的工作,称为直线定向。

一、标准方向的种类

1. 真子午线方向(真北方向)

地球表面某点的真子午线的切线方向,称为该点的真子午线方向。真子午线北端所指的方向为真北方向,它可以用天文观测方法来确定。

2. 磁子午线方向(磁北方向)

地球表面某点上磁针所指的方向为该点的磁子午线方向。磁针北端所指的方向为磁北方向,可用罗盘仪测定。

3. 坐标纵线方向(坐标北方向)

测量工作中采用高斯直角坐标系,坐标纵线北端所指的方向为坐标北方向。

上述三个北方向通常称为“三北”方向。在一般情况下,它们是不一致的,如图 1-11 所示。由于地球磁场的南、北极与地球的南、北极并不一致,因此某点的磁子午线方向和真子午线方向间有一夹角,这个夹角称为磁偏角,用 δ 表示。磁子午线偏向真子午线以东为东偏, δ 为正,以西为西偏, δ 为负,如图 1-12 所示。我国各地磁偏角的变化范围大约在 $-10^\circ \sim 6^\circ$ 之间。

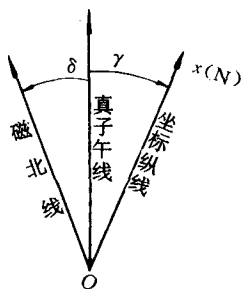


图 1-11

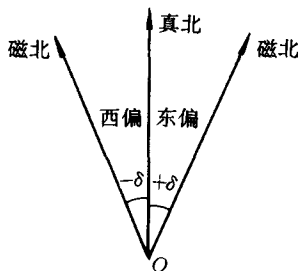


图 1-12

磁偏角的大小随地点的不同而变化,就是在同一地点因受外界条件的影响也会有变化。所以,采用磁子午线方向作为标准方向,其精度是比较低的。

地球表面某点的真子午线北方向与该点坐标纵线北方向之间的夹角,称为子午线收敛角,用 γ 表示。坐标纵线偏向真子午线以东为东偏,以西为西偏,东偏为正,西偏为负,如图 1-13 所示。

子午线的收敛角有严密的计算公式,在普通测量中可按如下近似公式计算:

$$\gamma = \Delta L \sin B \quad (1-3)$$

式中 ΔL ——某点与中央子午线的经度差;

B ——某点纬度。

二、表示直线方向的方法

在测量工作中,常采用方位角或象限角表示直线的方向。

1. 方位角

由标准方向的北端顺时针方向量到某直线的夹

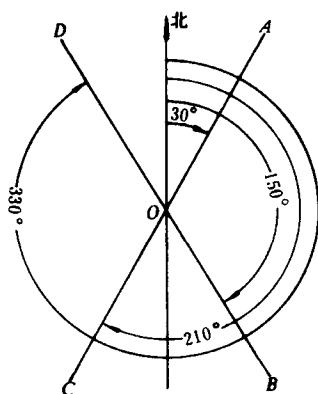


图 1-14

角,称为该直线的方位角。方位角的变化范围是 $0^\circ \sim 360^\circ$ 。如图 1-14 所示,直线 OA 、 OB 、 OC 、 OD 的方位角分别为 30° 、 150° 、 210° 、 330° 。

由于选择的标准方向不同,方位角有不同的定义。以真子午线方向为标准方向的,称为真方位角,用 A 表示;以磁子午线方向为标准方向的,称为磁方位角,用 A_m 表示;以坐标纵线为标准方向的,称为坐标方位角,简称方位角,用 α 表示。如图 1-15 所示,三种方位角之间的关系为:

$$A = A_m + \delta = \alpha + \gamma \quad (1-4)$$

其中, δ 、 γ 东偏时取正号,西偏时取负号。

由于任何地点的坐标纵线都是平行的,因此,任何直线的正坐标方位角(如 α_{AB})和它的反方位角(如 α_{BA})均相差 180° (图 1-16),即:

$$\alpha_{AB} = \alpha_{BA} \pm 180^\circ \quad (1-5)$$

若 $\alpha_{BA} > 180^\circ$,公式中右端取“-”号;若 $\alpha_{BA} < 180^\circ$,公式中右端取“+”号。

由于真子午线之间或磁子午线之间相互并不平行,所以真方位角和磁方位角不存在上述关系。

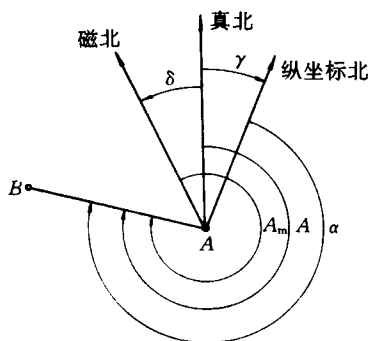


图 1-15

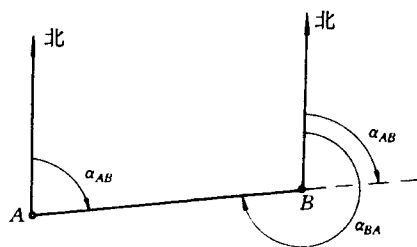


图 1-16

2. 象限角

直线与标准方向线所夹的锐角称为象限角。象限角的取值范围为 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ ，用 R 表示。平面直角坐标系分为四个象限，以 I、II、III、IV 表示。由于象限角可以自北端或南端量起，所以表示直线的方向时，不仅要注明其角度大小，而且要注明其所在象限。如图 1-17 所示，直线 OA 、 OB 、 OC 、 OD 分别位于四个象限中，其名称分别为北东(NE)、南东(SE)、南西(SW)、北西(NW)。方位角和象限角可以互相换算，换算方法见表 1-1。

象 限		方位角和象限角的换算	
编 号	名 称	由方位角 α 求象限角 R	由象限角 R 求方位角 α
I	北东(NE)	$R=\alpha$	$\alpha=R$
II	南东(SE)	$R=180^{\circ}-\alpha$	$\alpha=180^{\circ}-R$
III	南西(SW)	$R=\alpha-180^{\circ}$	$\alpha=180^{\circ}+R$
IV	北西(NW)	$R=360^{\circ}-\alpha$	$\alpha=360^{\circ}-R$

三、罗盘仪及其使用方法

罗盘仪是用于测定直线的磁方位角或磁象限角的仪器(图 1-18)。罗盘仪的结构很简单，主要由磁针、度盘和瞄准设备(接目视板和接物视板)等部分组成。

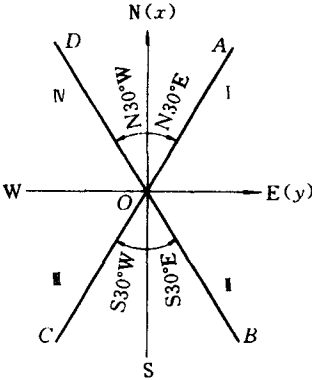


图 1-17

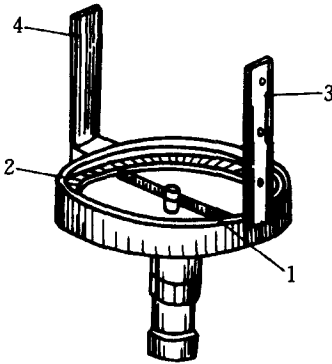


图 1-18

1——磁针；2——度盘；
3——接目视板；4——接物视板

磁针支在位于度盘中心的顶针上，可以自由转动。为了避免顶针尖被磨损，在不使用时应将螺钉向下旋，使杠杆把磁针抬起并紧压在玻璃盖上。

度盘上的分划线以 1° 或 $30'$ 为单位，每 10° 作一注记。按 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 注记的称为方位罗盘仪(注意方位罗盘仪上 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 是按反时针注记的)；按 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 注记的称为象限罗盘仪。

如欲测定 AB 和 AC 直线的方向，可先将罗盘仪中心对准起点 A ，如图 1-19(a)所示，并用罗盘仪上的水准器将度盘放在水平位置，然后转动罗盘仪，利用瞄准设备瞄准 B 点，这时，如用磁针北端(黑色的或没有缠绕铜丝的一端)读得 302° ，即为 AB 直线的磁方位角；又