

中等专业学校教学用书

矿山测量

白裕良 徐云龙 杨赞行 编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书是根据煤炭中等专业学校地下采矿、矿井建设、综合机械化采煤、矿山工业与民用建筑、矿井地质与煤田地质勘探等专业对测量知识及技能的需要而编写的。本书除系统介绍测量基本理论与基本方法外,还分别讲述了配合各个专业作业所需用的具体测量方法。讲述中,以服务各专业为目的,以测量知识为主线,理论与方法相互照应。学习本书不仅可以全面了解测量工作的基本原理和基本方法,还可以掌握从事矿山测量的具体方法。

全书除绪论外,分为十五章,第一~六章主要讲述测量基本理论和基本方法;第七~十五章是结合各专业,分别介绍具体的测量方法,各章间彼此有相对的独立性。

本书是煤炭中等专业学校非测量专业测量课教材,亦可作为煤炭技工学校相应课程教材,或供现场工程技术人员参考。

责任编辑:王大彰

中等专业学校教学用书

矿 山 测 量

白裕良 徐云龙 杨赞行 编

煤炭工业出版社 出版

(北京宣武门外大街北口11号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本787×1092mm¹/16 印张17¹/₄

字数409千字 印数 1—15,065

1990年10月第1版 1990年10月第1次印刷

ISBN 7-5020-0434-3/TD·394

书号 3223

定价 3.10元

前 言

本书是根据煤炭中等专业学校地下采矿、矿井建设、综合机械化采煤、矿山工业与民用建筑、矿井地质与煤田地质勘探等专业的测量教学大纲编写的,是上述专业开设测量课程的通用教材。

1987年11月,煤炭工业部教育司教材编辑室在重庆主持召开了编写该教材的研讨会。出席会议的单位有重庆、江西、石家庄、北京、大同、抚顺、阜新、辽源、福建、山东、山西、甘肃、贵阳、晋东南等十四所煤炭中等专业学校。与会者根据煤炭中专的培养目标与规格要求,对本书的编写原则、学时要求、选材范围及内容的深度和广度等问题,进行了系统、全面、深入细致的讨论。会议通过了编写提纲,并决定同时编写《矿山测量习题集》和《矿山测量实习指导书》与该书配套使用。

本书内容除绪论外,分为十五章,分别为测量学的基本知识、经纬仪及角度测量、测图平面控制测量、高程测量、大比例尺地形图测绘、地形图的识读与应用、建筑工程施工测量、地质勘探工程测量、立井建设时期的测量工作、联系测量、巷道测量、巷道施工测量、贯通测量、矿图、岩层与地表移动等,各校可根据不同专业的要求选讲书中相应内容。

本书由重庆煤炭工业学校白裕良任主编,并编写绪论、第一、三、六、九、十、十一、十二、十四章及附录一、二;江西煤炭工业学校徐云龙编写第四、五、七、八章;石家庄煤炭工业学校杨赞行编写第二、十三、十五章。在编写过程中,得到了有关兄弟院校和生产单位的大力支持;山西煤炭工业学校贺贵禄,阜新煤炭工业学校赵炳午对全书进行了审校,并提出许多中肯的宝贵意见;辽源煤炭工业学校曹志伟同志为编写提供了宝贵资料,在此谨向上述各校及有关同志表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,恳求读者批评指正。

编 者

1989年2月



目 录

绪 论	1
第一章 测量学的基本知识	3
第一节 地面点位置的确定	3
第二节 直线定向	8
第三节 比例尺	11
第四节 测量工作概述	12
第五节 测量误差的概念	14
第二章 经纬仪及角度测量	20
第一节 角度测量原理	20
第二节 光学经纬仪	21
第三节 水平角观测	29
第四节 竖直角测量	34
第三章 测图平面控制测量	39
第一节 概述	39
第二节 计算坐标与坐标方位角的基本公式	44
第三节 经纬仪导线测量的外业工作	48
第四节 经纬仪导线测量的内业计算	51
第五节 经纬仪交会法	56
第六节 线形三角锁	62
第七节 单三角锁	69
第四章 高程测量	75
第一节 概述	75
第二节 水准测量原理	76
第三节 水准测量的仪器和工具	77
第四节 水准仪的使用	79
第五节 水准测量的外业	81
第六节 水准测量的内业	86
第七节 三角高程测量	88
第五章 大比例尺地形图测绘	92
第一节 概述	92
第二节 地形图符号	92
第三节 等高线	94
第四节 视距测量	97
第五节 测图前的准备工作	101
第六节 大平板仪测绘地形图	103
第七节 其他两种测图方法	111
第八节 航空摄影测量概述	113

第六章 地形图的识读与应用	116
第一节 地形图的分幅与编号	116
第二节 地形图的识读	119
第三节 地形图的应用	121
第七章 建筑工程施工测量	126
第一节 施工测量概述	126
第二节 标定工作的基本方法	126
第三节 施工控制网测量	130
第四节 民用建筑的定位和放线	131
第五节 工业建筑的定位和放线	133
第六节 施工过程中的测量工作	135
第七节 构件安装测量	137
第八节 烟囱的施工测量	139
第九节 平整场地测量	140
第十节 建筑物变形观测概述	145
第八章 地质勘探工程测量	148
第一节 概述	148
第二节 地质填图测量	148
第三节 坑探工程测量	149
第四节 钻探工程测量	150
第五节 地质剖面测量	152
第九章 立井建设时期的测量工作	156
第一节 井筒中心与十字中线的标定	156
第二节 立井掘进、砌壁和装备时的测量	158
第三节 冻结法掘进井筒测量	161
第四节 井底车场掘进测量	164
第十章 联系测量	169
第一节 概述	169
第二节 平面联系测量	169
第三节 高程联系测量	176
第十一章 巷道测量	179
第一节 巷道平面测量	179
第二节 巷道高程测量	184
第三节 罗盘仪测量	186
第十二章 巷道施工测量	189
第一节 概述	189
第二节 直线巷道中线的标定	189
第三节 曲线巷道中线的标定	192
第四节 巷道腰线的标定	194
第五节 激光指向	198
第六节 磁岔及斜巷连接车场中、腰线的标定	199
第十三章 贯通测量	205

第一节	概述	205
第二节	水平巷道的贯通测量	206
第三节	倾斜巷道的贯通测量	208
第四节	竖直巷道的贯通测量	211
第五节	巷道贯通实例	212
第十四章	矿图	217
第一节	概述	217
第二节	投影知识	218
第三节	采掘工程图	228
第四节	主要巷道平面图	235
第五节	井底车场平面图	236
第六节	井上下对照图	236
第十五章	岩层与地表移动	240
第一节	岩层与地表移动概念	240
第二节	确定移动角的方法	243
第三节	保护煤柱的留设	246
第四节	保护煤柱设计实例	250
第五节	测量与“三下”采煤	252
附录一	经纬仪及水准仪检验与校正	255
附录二	PC-1500计算机测量程序	258
参考文献		269

绪 论

测量学是研究地球的形状、大小和点与点之间相互位置关系的一门科学。它是地学的一个分支，是一门技术科学和应用科学。和其他科学一样，它是随着生产的需要而产生的，并在实践中得到发展。

测量学的主要任务有三：一是确定地球的形状和大小；二是将地球表面局部范围内的地物地形测绘成图；三是将图上的设计工程位置标定到实地上。

随着科学技术的发展，测量学所涉及的内容及其应用范围愈来愈广，目前测量学已分成下列几门学科：

大地测量学 这门学科的基本任务是建立国家大地控制网，测定地球的形状、大小和研究地球重力场的理论、技术及方法。近年来，由于人造地球卫星及遥感技术的发展，测量对象由地球表面扩展到空间，大地测量学又分成常规大地测量与卫星大地测量两部分。

地形测量学 是研究小区域内地表面各类物体形状和大小的一门测绘学科。它的任务是在不考虑地球曲率影响的情况下，将地表面局部范围内的地物和地面起伏形状测绘成各种比例尺地形图。

摄影测量学 是利用摄影像片来研究地表形状和大小的一门测绘学科。它的任务是应用摄影像片来进行分析和测量，确定地物与地面的起伏形状及位置，并绘制成地形图。根据获得像片的方法不同，摄影测量学又分为陆地摄影测量、航空摄影测量及遥感测量。

工程测量学 是研究工程勘察设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作的一门学科。它的主要任务是把地面上的情况测绘到图纸上，把图纸上的设计工程标定到实地上。工程测量学是以某一工程作为研究对象，所以又分为矿山、城市、铁路、公路、水利、房屋建筑、国防等工程测量。

制图学 是研究地图（包括地形图）制作的理论、工艺技术和应用等方面的学科。它的任务是按一定的数学原理，利用已有的测量成果或经过处理的信息（数字与图象），研究如何编制、印刷和出版各种地图。

测绘科学是以上各门学科的总称，上述各门学科既自成体系，又密切联系，既分工明确，又相互配合、互为所用。

随着科学技术的发展，测绘科学在国民经济建设和国防建设中的作用日益增大。目前，在地质勘探、矿业开发、工业与民用建筑、交通运输、桥梁隧道、农田水利、城市规划、地震预测预报、国土开发、灾情监视与调查、空间技术以及现代战争中，从战略部署到指挥各兵种、军种联合作战及洲际导弹的发射等等，无不需要测绘工作的保障与配合。由此可见，测绘科学在各项建设事业中，都得到广泛的应用，所以人们把测绘工作者誉为社会主义建设的“尖兵”，受到高度重视。

近年来，激光技术、空间技术和电子学等科学技术的迅速发展，大大地促进了测绘科学的发展。应用激光、遥感、电子计算机等新技术，不仅推动了测绘理论和技术的进步，而且研制出了测距仪、数字经纬仪、自动安平水准仪、激光指向仪、陀螺经纬仪及数控制

图仪等新型测绘仪器。随着新理论、新技术和新仪器在测绘科学领域的应用,大大丰富了测绘科学的内涵,更加显示出其在我国现代化建设中的重要地位和作用。

在我国的四化建设中,矿山建设起着举足轻重的作用。矿山建设和生产时期的测量工作称为矿山测量。它是根据矿山开发的需要,集地形测量和矿山工程测量的有关内容为一体,因此它属于测量学的范畴。由于测量学是一门应用科学,矿山测量是为矿山建设服务的,矿山测量研究的对象是矿山,从这个意义上讲,矿山测量又是采矿科学的重要组成部分,是采矿工程学的一个重要分支。它是以测量、计算和绘图的手段,研究处理矿藏开发过程中的各种空间几何问题,为矿山建设和安全生产提供图纸、资料,指导采矿生产中的各项工程正确进行。

矿山测量是矿山建设和生产中的一项重要的技术基础工作,矿山测量人员具有技术管理和施工生产的双重职能,他们根据国家有关法令,对矿产资源的合理开发进行保护和监督。

在矿山建设过程中,首先要进行地质勘探,这要经过普查、详查和精查三个阶段,每个阶段都需要矿区地形图,根据地形图标定探井、钻孔的位置,以便地质人员作勘探设计,分析计算矿体的储量、埋藏深度等等。根据地质勘探资料进行矿井设计,例如决定开拓方式、井田划分、广场布置等。然后,要用测量仪器和工具将矿区内的设计工程标定到实地上。在建井期间和进行生产的过程中,都需要大量的日常测量工作,不仅要准确地测绘各种矿图,正确标定井上下各种工程的位置,还要为编制生产计划和矿区远景规划提供可靠的测绘资料。由此可见,矿山测量在开发矿业中自始至终都起着十分重要的作用。

本课程的主要任务是:

1. 学习测量学的基本内容,用测量仪器、工具测绘地球表面某一小区域的地面及地下要素,按一定的比例尺缩绘成图,亦称测绘。

2. 学习矿山工程测量的基本内容,将矿山建设和生产中的各种设计工程,按照其几何关系,用测量仪器、工具测设到地面或井下,亦称标定。

《矿山测量》是煤炭中专地下采矿、工业机械化采煤、矿井建设、煤田地质勘探、矿井地质和工业与民用建筑等专业的通用测量教材。上述专业的培养目标虽然不是从事测量工作,但测量工作将贯穿于上述专业技术工作的各个阶段,无论是进行工程设计或指导施工,都需要掌握一定的测绘科学知识和技能。所以,学习本课程的目的是:通过课堂教学和相应的实习、实验,掌握测量工作的基本原理和测量仪器的基本操作,掌握测量资料的整理、计算和使用,熟悉矿山测量图的制作过程、方法及图纸的阅读技能等,从而为后续课程的学习和将来的技术工作奠定坚实的基础。因此,要求我们为实现四个现代化而勤奋地学习测绘技术,为开发祖国的地下宝藏作出重要贡献。

第一章 测量学的基本知识

第一节 地面点位置的确定

测量工作的任务是确定地面点的空间位置,即确定该点在球面或平面上的投影位置以及该点的高程。由于测量工作是在地球表面上进行的,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,然后在基准面上建立一个统一的坐标系统,测量出各点在该坐标系统的坐标值,这样,地面上各点的相互位置关系就可以确定了。如何确定基准面和坐标系统,则与地球的形状和大小有关。

一、地球的形状和大小

地球表面十分复杂,有高山、深谷、丘陵、平原、河流、湖泊及海洋等等;在地球表面上,大陆约占29%,海洋约占71%。地球半径约为6371km,地球上最高的珠穆朗玛峰高出海水面8848.13m,不超过10km,最低的马利亚纳海沟低于海水面11022m,不超过12km,它们与地球的半径相比是很微小的,又由于海洋约占整个地球表面积的2/3,因此,我们可以把地球总的形状近似地看成是一个被静止的海水面包围着的球体。

假想静止的海水面,在没有波浪和潮汐的影响下无限延伸,穿过大陆和岛屿,围成了一个封闭的曲面,我们称这个曲面为水准面。事实上,海水面受波浪和潮汐的影响,并不能完全静止,故水准面有无数多个,其中通过平均海水面的水准面叫大地水准面。

大地水准面具有这样的特点:通过大地水准面上任意点的切面垂直于过该点的铅垂线。由于地球内部物质分布不均匀,使地面上各点的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十分复杂和不规则的曲面。为了方便测量计算和制图,我们选择了一个非常接近于大地水准面的辅助曲面,它是一个规则的几何球体,可以用数学式子表示,我们把这个辅助曲面所包围的球体称为参考椭球体或旋转椭球体,如图1-1所示。在测量工作中,就是用这种椭球体的表面代替大地水准面,以此作为测量计算的基准面和地面点位置的投影面,并在这个面上建立坐标系统。这样,把地球自然表面上的点垂直投影到椭球体的参考面上,就可以确定地面点在球面上的投影位置了。

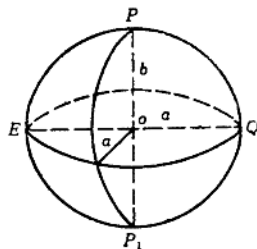


图 1-1

我国目前采用的坐标系统是在苏联1940年推算的克拉索夫斯基参考椭球体面上建立的,它是以椭圆的长半轴 $a = 6378245\text{m}$ 和短半轴 $b = 6356863\text{m}$ 为元素,绕其短轴旋转而成的参考椭球体,如图1-1所示,其扁率为1/298.3。解放初期,由于我国的天文大地网经过东北边境的呼玛、吉拉林、东宁三个基线网,与苏联的天文大地网相联结,故定名为“1954年北京坐标系”。其坐标原点不在北京,而在苏联的普尔科沃。

1978年以来,我国的大地测量工作者进行了大量工作,根据近代人造卫星大地测量成

果的计算, 国际大地测量协会推荐了地球椭球体元素的参考数据, 即长半轴 $a = 6378140\text{m}$, 扁率为 $1/298.257$ 。我国根据这些参考数据, 确立了新的参考椭球体, 于1980年在陕西省泾阳县永乐镇建立了雄伟壮观的中华人民共和国大地坐标原点 (简称西安原点) 及其附属建筑群。并通过精密的天文、重力、水准等测量和计算, 建立了我国“1980年国家大地坐标系”, 它将逐步取代1954年北京坐标系。

在地形测量学范围内, 由于参考椭球体的扁率很小, 为了方便计算和应用, 特别是小区域测绘时, 可以把地球近似地当作圆球体看待。

二、高程的概念

我国在青岛的黄海岸边设立验潮站, 根据长年累月观测黄海水面高度的变化情况, 确定以黄海平均海面作为大地水准面, 它就是高程的基准面和起算面。国家测绘部门曾于1956年及1985年先后两次测定该基准面高度, 现在以1985年结果为准, 称作“1985国家高程基准”。为了传递高程, 在青岛市附近埋设一个极稳固的半球形玛瑙标志, 此即我国的水准原点。以此作为我国传递高程的起点。经测定该点高出海平面 72.260m 。

在测量工作中, 我们不仅要测定地面点在参考椭球体面上的投影位置, 还要测定该点沿投影方向到大地水准面上的铅垂距离。地面点到大地水准面的铅垂距离称为高程, 亦称海拔或绝对高程。如图1-2所示, H_A 和 H_B 表示地面点 A 和 B 的高程。全国统一高程系是以黄海平均海面为起算面的。如果某测区没有国家高程起算点, 则可以假定一个水准面作为高程的起算面。

地面点到假定水准面的铅垂距离称为假定高程, 亦称相对高程。如图1-2所示, H'_B 表示 B 点的相对高程或假定高程。在高程起算面上, 高程的绝对值为零, 在大地水准面之上为正值, 反之为负值。地面上任意两点的高程之差称为高差, 用 h 表示, 在图1-2中, A 至 B 点的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A \quad (1-1)$$

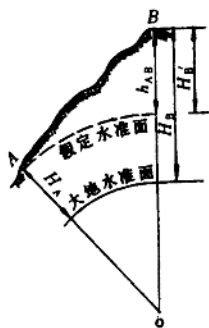


图 1-2

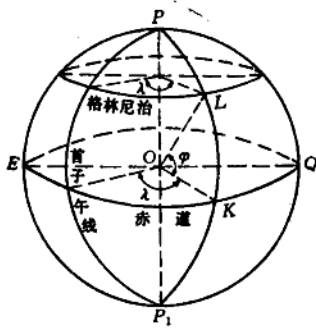


图 1-3

三、地面点的表示方法

选取参考椭球体的目的之一, 就是为了在其上建立统一的坐标系, 以便确定地面点的空间位置。地面点的空间位置是用坐标和高程表示的, 根据不同需要, 可以采用不同的

坐标系统和高程系统。前面已介绍了高程系统，下面介绍坐标系统。

1. 地理坐标

当我们研究大区域或整个地球的时候，地面点在地球椭球体面上的投影位置通常是用地理坐标系中的经度和纬度来表示的。某点的经纬度称为该点的地理坐标。如图1-3所示， PP_1 为地球的自转轴，称为地轴。地球的中心 O 称为球心。地轴与地球表面的交点 P 、 P_1 ，分别称为北极与南极。垂直于地轴的平面与地球表面的交线称为纬线。通过球心 O 且垂直于地轴的平面称为赤道平面，它与球面的交线称为赤道。通过地轴和地球上任一点 L 的平面 $PLKP_1$ 称为 L 点的子午面，该面与地球表面的交线称为子午线（又称经线）。国际上规定通过英国格林尼治天文台的子午面为首子午面，作为计算经度的起始面。

L 点的经度是该点的子午面与首子午面所构成的二面角，以 λ 表示。经度由首子午面起向东、向西度量，各由 $0^\circ \sim 180^\circ$ ，在首子午面以东者称为东经，以西者称为西经。

L 点的纬度是通过该点的铅垂线与赤道面之间的夹角，以 φ 表示。纬度以赤道平面为基准，向北、向南各由 $0^\circ \sim 90^\circ$ ，在赤道以北者称为北纬，以南者称为南纬。例如，北京某地的地理坐标（ λ 、 φ ）为东经 $116^\circ 23'$ ，北纬 $39^\circ 54'$ 。

上面所说的经纬度是用天文方法观测得到的，所以又称为天文经纬度或天文地理坐标。还有一种经纬度是用大地测量的方法确定的，称为大地经纬度或大地地理坐标，通常用 L 、 B 表示。对于地球表面上的同一点，这两种地理坐标的差异一般很小。在中小比例尺地形图中使用的经纬度通常是大地经纬度。

2. 高斯平面直角坐标

球体的表面，无论是一个旋转椭球体面或圆球面，都是不可展开的曲面，如同篮球壳一样，将它切开展成平面，必然会产生褶皱和破裂。因此，要把地球表面按一定比例尺和地面图形完全相似地表示出来，只能用地球仪。例如，把地球表面按 $1:500$ 万比例尺表示出来，需要一个 2.5m 直径的地球仪。很显然，这种地球仪的制造和使用都是不方便的，何况在生产实践中，还需要更大比例尺的地形图。因此，人们就努力探索怎样将曲面展为平面。德国数学家高斯为了解决这一问题，首先提出了横圆柱正形投影理论，后来由德国大地测量学家克吕格补充研究完成。人们把这种投影称为高斯-克吕格投影。为了使这种投影变形误差不影响图纸的使用，通常采用高斯投影分带法，现仅从几何关系上作简要说明。

为了研究方便，把地球作为一个圆球看待，如图1-4a所示，设想将一个平面卷成圆柱

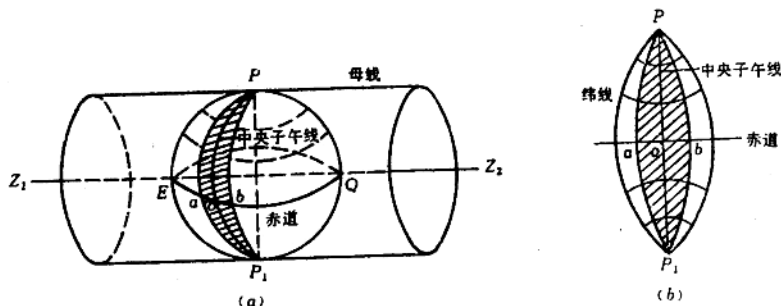


图 1-4

形, 把它套在地球外面, 使圆柱面恰好与地面上的某一子午线相切 (图中与 POP_1 相切), 这条子午线称中央子午线或轴子午线。如果在球面上以不同的子午线分别与圆柱面相切,

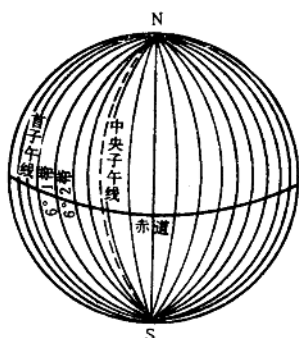


图 1-5

并以地心为投影中心, 把地球表面分别投影到圆柱面上, 则可以把地球表面分成若干花瓣形地带。例如每隔经差 6° 为一带 (如图 1-5)。然后, 将圆柱的母线剪开展成平面, 即为高斯投影平面, 这时得到了平面上的经纬线网格, 如图 1-4b 所示。

分带投影是从首子午线 (格林尼治子午线) 开始, 依次自西向东每隔经差 6° 划分为一带, 全球分为 60 个带, 每一个 6° 带的中央子午线的经度依次为 3° 、 9° 、 15° 、……。带号依次编为 1、2、3、……60 带, 如图 1-5 和图 1-6 所示。设 L_0 为 6° 分带的中央子午线经度, n_0 为投影带的编号数, 两者之间的关系为

$$L_0 = 6n_0 - 3 \quad (1-2)$$

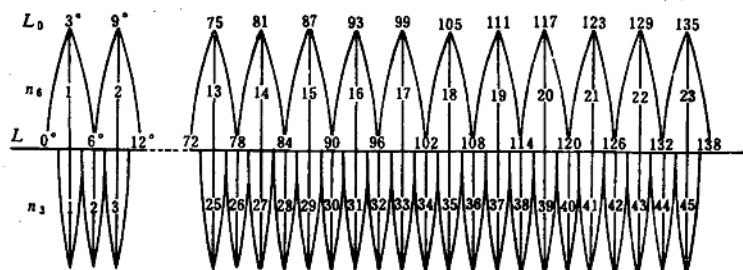


图 1-6

由于高斯分带投影会产生一定的长度变形, 根据投影长度变形分析, 6° 分带能满足 $1:25000$ 及更小的比例尺测图的精度要求。但是在 $1:10000$ 及大比例尺测图中, 6° 分带法就不能满足测图的精度要求, 故采用 3° 或 1.5° 分带投影法。 3° 分带是从东经 $1^\circ 30'$ 起, 每隔经差 3° 划分一带, 如图 1-6 所示。整个地球共分为 120 个带, 每带中央子午线的经度依次为 3° 、 6° 、 9° 、……, 带号依次编号为 1、2、3、……120 带。设 L 为 3° 分带的中央子午线经度, n_3 为投影带号数, 两者之间的关系为

$$L = 3n_3 \quad (1-3)$$

由图 1-6 可知, 3° 带是在 6° 带的基础上划分的。带号 n_3 为奇数的 3° 带, 其中央子午线与 6° 带的中央子午线重合。带号为偶数的 3° 带, 其中央子午线则与 6° 带的分界子午线重合。

我国由东经 75° 起, 进行划分, 直至东经 135° 止, 跨 11 个 6° 带和 21 个 3° 带 (图 1-6)。

在每个投影带里, 中央子午线与赤道垂直, 以中央子午线为 x 轴, 赤道为 y 轴, 两轴的交点为坐标原点, 则形成了各自独立的高斯平面直角坐标系, 如果按一定间隔作一系列平行于坐标轴的直线, 便构成了直角坐标格网 (图 1-7), 它就可以用来表示地面点的平面位置, 而且地理坐标系中的经纬线也同时展成了平面, 直角坐标格网与经纬网的关系见图 1-7。在中小比例尺地形图上, 绘有这两种坐标格网。

在高斯平面直角坐标系中,规定了 x 轴向北为正、 y 轴向东为正,象限按顺时针编号,如图1-8a所示。此种规定与数学上的直角坐标系有所不同,测量上的象限顺序与数学上的象限顺序相反,测量工作中规定所有直线的方向都从纵轴北端顺时针方向度量(见第二节),这样变换,既不改变数学公式,又便于测量上的方向和坐标计算。

我国位于北半球, x 坐标值均为正号, y 坐标值却有正有负,如图1-8a所示, $y_A = +37680\text{m}$, $y_B = -74240\text{m}$ 。为了避免横坐标出现负值,便于使用,把每带的坐标原点向西平移500km(图1-8b),即把每带轴子午线的横坐标值作为500km。因为赤道上经差 3° 的弧长在平面上的投影长度约为334km,所以加了500km之后,就不会出现负的横坐标值。在图1-8b中, $y_A = 500000 + 37680 = 537680\text{m}$, $y_B = 500000 - 74240 = 425760\text{m}$ 。这样做的结果,

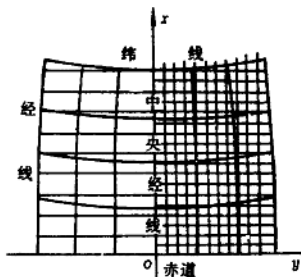


图 1-7

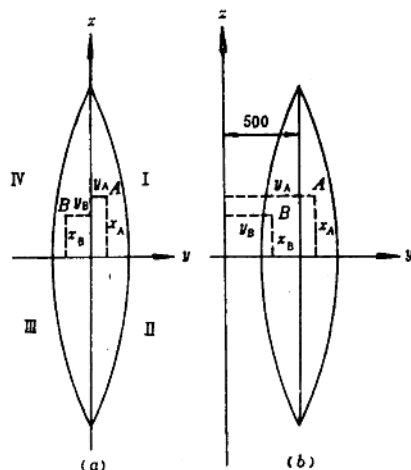


图 1-8

凡位于轴子午线以西的点,横坐标值都小于500km。

为了确定地面点位于哪一带内,还应在横坐标前写上带号,例如图1-8中,若A点位于第20带内,则横坐标 $y_A = 20\ 537\ 680\text{m}$ 。上述所说的 x 、 y 坐标称为全国统一的高斯平面直角坐标,简称国家坐标。我们把未加500km和未写上带号的横坐标值(如 $y_B = -74240\text{m}$)称为自然值,而把加上500km和写上带号的横坐标值称为通用值或统一值。各投影带内的横坐标用带号加以区别,自然值加500km后的横坐标值总是保留六位整数,这样就不会和带号混淆。例如某点的国家坐标为 $x = 6073\ 584.52\text{m}$, $y = 20\ 425\ 760.00\text{m}$,说明该点位于 6° 分带的第20带内,它在赤道以北、轴子午线以西,横坐标的自然值为 $y = -74240\text{m}$ 。

3. 独立平面直角坐标系

对于小矿区的测量,若没有国家控制点坐标时,可以采用独立平面直角坐标系。地形测量规范规定:“独立控制网测区面积小于 50km^2 但无发展远景时,可直接在平面上计算。”这时,用测区中心切平面来代替大地水准面,如图1-9所示,并把坐标原点选择在测区的西南角,以该地区的子午线作为坐标纵轴线。这样,组成的矿区独立平面直角

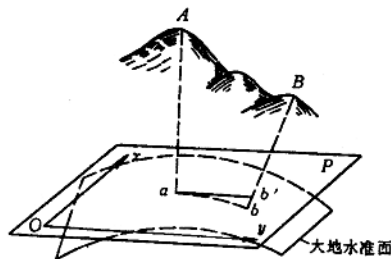


图 1-9

坐标系,就可以用来确定地面点的平面位置了。

第二节 直线定向

在测量工作中,不仅要确定地面点的空间位置,还要确定点与点之间的相互位置关系,这时除了两点间的距离外,还要知道直线的方向。

一、直线定向的意义及标准方向线

确定一条直线与标准方向线的夹角关系称为直线定向。标准方向线通常有真子午线、磁子午线和直角坐标纵线三种,统称三北方向线。

1. 真子午线方向

通过地面上一点,指向地球北极方向称为该点的真子午线方向,或称真北方向,它是用天文方法测定的。

如图1-10所示,由于地球上各点的真子午线向南北极收敛,因此,地面上各点的子午线方向彼此是不平行的。同一纬度上两个点的真子午线方向所夹的角值称为子午线收敛角,以 γ 表示。在高斯投影中,除中央子午线为直线外,其他子午线(经线)投影后均为曲线,并向两极会聚,而直角坐标格网线是彼此平行的直线,因此子午线收敛角实际上是子午线与坐标纵线之间的夹角,如图1-11所示。凡坐标纵线偏在子午线以东者称东偏,其角值 γ 为正;以西者称为西偏,其角值 γ 为负。

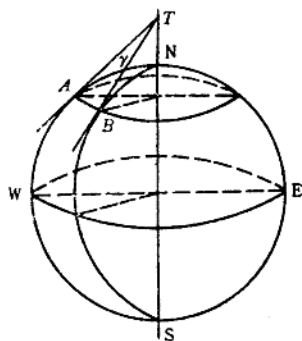


图 1-10

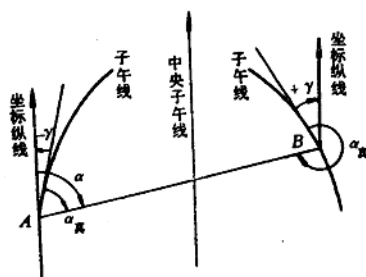


图 1-11

2. 磁子午线方向

通过地面上一点指向地球北磁极方向称为该点的磁子午线方向,或称磁北方向,它是用罗盘来测定的。

如图1-12所示,某点的磁子午线方向,是指在该点上的磁针自由静止时的轴子午线方向。由于磁北极位于西经 110° ,北纬 74° ;磁南极位于东经 114° ,南纬 69° ,故磁极与地球两极不重合。某点的磁子午线方向与真子午线方向之间的夹角称为磁偏角,以 δ 表示。当磁子午线北端偏向真子午线以东者称为东偏,角值 δ 为正,偏向真子午线以西者称为西偏,角值 δ 为负,如图1-13所示。例如南京某地磁偏角 δ 为 $-5^\circ 15'$,表示该地的磁子午线偏向真子午线以西 $5^\circ 15'$ 。我国各地磁偏角的范围在 $-10^\circ \sim +6^\circ$ 之间。

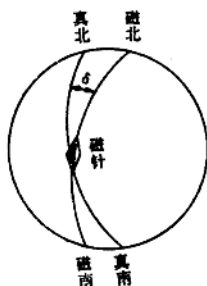


图 1-12

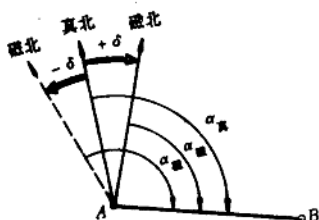


图 1-13

3. 坐标纵线方向

在高斯平面直角坐标系和独立平面直角坐标系内，把坐标格网纵轴线称为坐标纵线方向，或称 x 轴方向。在普通测量学范围内，通常采用平面直角坐标纵线作为标准方向线。因为坐标格网线的纵线或横线都是彼此平行的，而且纵、横线相互垂直。所以，对于测量成果的计算以及图纸、资料的使用均十分方便。

二、直线方向的表示方法

确定一条直线与标准方向的夹角关系（定向），就是要确定直线与真子午线、磁子午线以及坐标纵线的夹角关系。在测量工作中，通常用方位角或象限角来表示直线的方向。

1. 方位角

从标准方向线的北端起，顺时针量至某一直线的夹角，称为该直线的方位角，角值为 $0 \sim 360^\circ$ 。如图 1-14 所示，直线 OA 、 OB 、 OC 、 OD 的方位角分别为 $70^\circ 21'$ 、 $145^\circ 30'$ 、 $235^\circ 40'$ 、 $330^\circ 12'$ 。

当标准方向为真子午线时，称为真方位角；当标准方向为磁子午线时，称为磁方位角；当标准方向为直角坐标系的坐标纵线时，称为坐标方位角。设 $\alpha_{真}$ 为真方位角， $\alpha_{磁}$ 为磁方位角， δ 为磁偏角，从图 1-13 可以看出，真方位角与磁方位角、磁偏角的关系式为

$$\alpha_{真} = \alpha_{磁} + \delta \quad (1-4)$$

式中 δ 值东偏为正，西偏为负。当已知某地区的磁偏角时，只要测得某直线的磁方位角，即可按上式算出相应的真方位角。

在高斯分带投影中，由于子午线向地球两极收敛，而且直角坐标系的坐标纵轴线彼此平行，在图 1-11 中，如果设坐标方位角为 α ，由图不难看出，真方位角 $\alpha_{真}$ 与坐标方位角的关系式为

$$\alpha_{真} = \alpha + \gamma \quad (1-5)$$

式中 γ 值东偏为正，西偏为负。

由式 (1-4) 和式 (1-5) 即可得到坐标方位角与磁方位角、磁偏角、子午线收敛角的关系式为

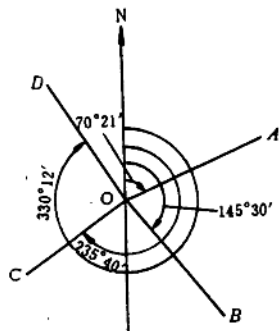


图 1-14

$$\alpha = \alpha_{\text{真}} + \delta - \gamma \quad (1-6)$$

使用上式时, 必须注意 δ 与 γ 值本身应取的符号。

〔例〕某点的子午线收敛角 γ 为东偏 $0^{\circ}45'$, 磁偏角为西偏 $6^{\circ}30'$, AB 直线的坐标方位角为 $120^{\circ}40'20''$ 。求 AB 的真方位角和磁方位角各为多少?

解 由题意知, γ 为东偏, 说明坐标纵线偏于真子午线以东, 由式(1-5)

$$\alpha_{\text{真}} = \alpha + \gamma = 120^{\circ}40'20'' + 0^{\circ}45' = 121^{\circ}25'20''$$

又因为 δ 为西偏, 说明磁子午线偏于真子午线以西。由式(1-4)

$$\alpha_{\text{磁}} = \alpha_{\text{真}} - \delta = 121^{\circ}25'20'' - (-6^{\circ}30') = 127^{\circ}55'20''$$

或由式(1-6)

$$\alpha_{\text{磁}} = \alpha - \delta + \gamma = 120^{\circ}40'20'' - (-6^{\circ}30') + 0^{\circ}45' = 127^{\circ}55'20''$$

2. 坐标方位角

在普通测量学范畴内, 通常采用平面直角坐标系, 因此, 一般都是用坐标方位角来确定直线的方向。前已述及, 从坐标纵轴的北端起, 顺时针量至某直线的夹角称为该直线的坐标方位角, 简称方位角, 角值由 0° ~ 360° , 通常用 α 表示, 如图1-14所示。由于平面直角坐标系内直线上各点的起始方向(坐标纵轴)彼此平行, 故一直线上各点的坐标方位角都相等, 例如图1-15中 $\alpha_{AB} = \alpha_{AC} = \alpha_{BC}$ 。

测量中的直线都是有方向的, 它有起点和终点, 直线前进方向的坐标方位角称为正坐标方位角或正方位角; 其相反方向的坐标方位角称反坐标方位角或反方位角。在直角坐标系内, 同一条直线上的正反方位角相差 180° , 即

$$\alpha_{\text{正}} = \alpha_{\text{反}} \pm 180^{\circ} \quad (1-7)$$

在图1-15中, $\alpha_{AB} = \alpha_{BA} - 180^{\circ}$ 。

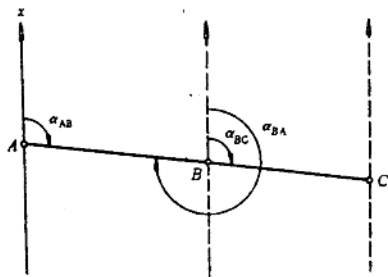


图 1-15

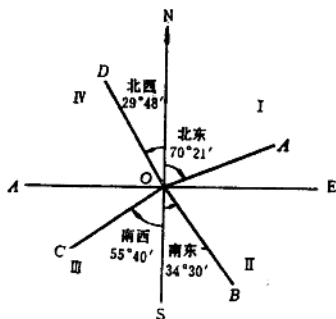


图 1-16

3. 象限角

在实际工作中, 有时用坐标方位角来确定直线的方位是不太方便的。例如在煤矿中, 常采用锐角来决定直线的方向, 采矿人员经常说某直线巷道为北东 50° (NE 50°) 或南西 80° (SW 80°) 等等。

从标准方向的北端或南端起, 顺时针或逆时针量至某一直线所夹的锐角, 称为该直线的象限角, 角值均在 0° ~ 90° 之间, 用符号 R 表示, 如图1-16所示。当用象限角定向时, 不仅要知道它的角值大小, 还应知道直线所在象限的名称。例如图1-16, 直线 OA 的象限角表示为北东 $70^{\circ}21'$ 或NE $70^{\circ}21'$, 也可以表示为N $70^{\circ}21'E$ 。

象限角与坐标方位角的换算关系见表1-1。

表 1-1

直线方向	由象限角 求方位角	由方位角 求象限角	直线方向	由象限角 求方位角	由方位角 求象限角
象限Ⅰ（北东）	$\alpha = R$	$R = \alpha$	象限Ⅲ（南西）	$\alpha = 180^\circ + R$	$R = \alpha - 180^\circ$
象限Ⅱ（南东）	$\alpha = 180^\circ - R$	$R = 180^\circ - \alpha$	象限Ⅳ（北西）	$\alpha = 360^\circ - R$	$R = 360^\circ - \alpha$

第三节 比 例 尺

为了将地球表面上某一区域的形状、大小以及地面要素测绘在图纸上，不可能按其真实的轮廓大小来描绘，必须缩小表示在图纸上。在生产实践中，通常是按某一比例将实际尺寸缩小而表示在图上。图上某一线段的长度与地面上相应线段的水平投影长度之比，称为图的比例尺。它通常分为数字比例尺和图式比例尺。

一、数字比例尺

用数字或分数比例形式表示的比例尺，称为数字比例尺。在工程技术中，图的比例尺通常用分子为1，分母为10的整倍数的分数形式表示。设图上某线段的长度为 l ，地面上的相应线段的水平投影长度为 L ，则图的比例尺为

$$\frac{1}{M} = \frac{l}{L} = \frac{1}{L/l} \quad (1-8)$$

式中 M 为比例尺的分母，它反映了实地上线段的水平投影长度为图上相应线段的倍数，分母越小比例尺越大，反之，分母越大，比例尺越小。

数字比例尺通常表示为 $\frac{1}{500}$ 、 $\frac{1}{1000}$ 、 $\frac{1}{2000}$ 等形式，也可以表示成1:500、1:1000、1:2000等。

在煤矿工作中，常见的图纸比例尺有 $\frac{1}{200}$ 、 $\frac{1}{500}$ 、 $\frac{1}{1000}$ 、 $\frac{1}{2000}$ 、 $\frac{1}{5000}$ ，这些属于大比例尺图；还有一些不太常见的中比例尺图，如 $\frac{1}{1万}$ 、 $\frac{1}{2.5万}$ 、 $\frac{1}{5万}$ 、 $\frac{1}{10万}$ ，小于 $\frac{1}{10万}$ 的称为小比例尺图。图1-17所示为某办公楼的三种比例尺的平面图。

我们知道了一幅图的比例尺，就可以根据图上长度求地面相应的水平长度，也可以将地面的水平长度换算成图上的相应长度。例如在比例尺为1:5000的图上，某一直线的长度 l 为2.38cm，则地面上相应的水平投影长度 L 为

$$L = Ml = 5000 \times 2.38 = 119m$$

又如在测绘比例尺为1:1000的地形图时，测得地面两点间的水平长度 $L = 100m$ ，换算为图上的长度 l 为

$$l = \frac{L}{M} = \frac{100}{1000} = 10cm$$

为了绘图和用图方便，人们根据比例尺的原理制成三棱尺（又称缩尺），将尺子做成