

高等学校规划教材

矿山测绘

黄盛发 尚兴 苏林 王国君 编

煤炭工业出版社

TD17
H-747

高等学校规划教材

矿 山 测 绘

黄盛发 尚兴 苏林 王国君 编

煤炭工业出版社

809914

(京)新登字042号

内 容 提 要

《矿山测绘》由绪论和十一章组成,包括下列内容:测绘工作的基本原理与基本方法;矿图的测绘、判读和应用;地面建筑和井巷工程的施工测量;矿山开采沉陷及其防治。

本书为煤炭工科高等院校的采矿工程、矿山通风与安全、矿井建设、工业与民用建筑工程四个非测绘专业的规划教材,亦可作为培训教材,还可供有关专业的工程技术人员参考。

高等学校规划教材

矿山测绘

黄盛发 尚兴 苏林 王国君 编

责任编辑:洪 钺

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21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21¹/₄ 插页 1

字数 508 千字 印数1--3,565

1995年10月第1版 1995年10月第1次印刷

ISBN 7-5020-1158-7/TD175

书号 3926 A0306 定价16.80元

前 言

本书是煤炭工科高等院校四个非测绘专业的合用教材。这四个专业是：采矿工程、矿井建设、矿山通风与安全、工业与民用建筑工程。本书由绪论和十一章组成，包括下列几部分内容：测绘的基本原理与基本方法，常规测绘仪器工具的使用方法；矿图的测绘、判读与应用；地面建筑和井巷工程的施工测量；矿山开采沉陷及其防治。在这些内容中，绪论和前八章为各专业共用部分，第九至十一章，各专业可根据教学需要，取舍教材内容。

本书定名为《矿山测绘》，有以下考虑：一是书中测与绘的内容都有，二是符合实际工作中测与绘紧密联系在一起的习惯，三是书中主要叙述矿山地面与井下的测绘工作，此书名比统称《测量学》含义更为确切。

在编写本书过程中，我们一方面对基本测绘方法删繁就简，对基础理论力求简明透彻，突出重点；另一方面适当介绍了一些测绘新技术，如电子经纬仪、电子水准仪、电子速测仪、光电测距仪、数字地面模型等，使读者在这方面有一些初步了解。

本书由淮南矿业学院黄盛发主编，具体编写人员和内容是：河北煤炭建筑工程学院尚兴编写第八、九、十章；阜新矿业学院王国君编写第十一章；湘潭矿业学院苏林编写第五、七章；绪论、第一、二、三、四和六章由黄盛发编写。

本书在编写过程中，有关院校与单位给予了大力支持和帮助，中国矿业大学连荫海老师、杨忠秀老师为书稿作了认真的审阅，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中缺点、错误和疏漏之处在所难免，谨请读者批评指正。

编 者

1994年11月

ABF34/10

目 录

绪论	1
第一节 测绘工作的任务	1
第二节 测绘工作的基准面	2
第三节 地面点的坐标与坐标系	4
第四节 地面点的高程与高程系	7
第五节 测绘工作的基本原则和程序	8
第一章 角度测量	11
第一节 角度测量原理	11
第二节 光学经纬仪	12
第三节 水平角测量	21
第四节 水平角观测的误差来源及注意事项	28
第五节 竖直角测量	30
第六节 经纬仪的检验与校正	34
第七节 电子经纬仪简介	38
第二章 距离测量	43
第一节 钢尺量距	43
第二节 光学视距	48
第三节 光电测距	51
第四节 直线定向	58
第三章 高程测量	63
第一节 高程测量原理	63
第二节 水准仪和水准尺	64
第三节 水准测量	67
第四节 微倾水准仪的检验与校正	73
第五节 精密水准仪、自动安平水准仪和电子水准仪简介	75
第六节 三角高程测量	80
第四章 测量误差基本知识	86
第一节 测量误差及其特性	86
第二节 评定测量精度的指标	88
第三节 中误差传播定律	90
第四节 算术平均值及其中误差	94
第五章 小区域控制测量	99
第一节 控制测量概述	99
第二节 导线测量	103
第三节 交会法测量	111
第四节 高程控制测量	116
第五节 矿井联系测量	121

第六节 井下控制测量	132
第六章 矿图投影基本知识	139
第一节 概述	139
第二节 标高投影	141
第三节 轴测投影	153
第七章 矿图的测绘	161
第一节 比例尺及矿图符号	161
第二节 矿图的分幅和编号	170
第三节 井田区域地形图的测绘	172
第四节 采掘工程图的测绘	182
第八章 矿图的判读与应用	193
第一节 地形图的判读和图上量测	193
第二节 地形图在工程中的应用	200
第三节 采掘工程图的判读与应用	209
第四节 其它基本矿图的判读与应用	213
第九章 建筑工程施工测量	217
第一节 施工测量概述	217
第二节 施工测量的基本工作	218
第三节 建筑施工场地的控制测量	223
第四节 民用建筑施工测量	227
第五节 工业厂房施工测量	233
第六节 烟囱(或水塔)施工测量	237
第七节 管道施工测量	238
第八节 激光定位技术在建筑施工测量中的应用	248
第九节 建筑物变形观测	256
第十节 竣工总平面图的编绘	259
第十章 井巷工程施工测量	263
第一节 立井施工测量	263
第二节 掘进井底车场时的测量工作	274
第三节 巷道施工测量	280
第四节 井巷贯通测量	289
第十一章 矿山开采沉陷及其防治	297
第一节 矿山开采沉陷的基本概念	297
第二节 矿山开采沉陷观测	304
第三节 矿山开采沉陷的损害、评价与防治	312
第四节 保护煤柱留设	322

绪 论

第一节 测绘工作的任务

测绘科学是采集、量测、处理、分析、应用和评价有关地理和空间基础数据的一门科学。它是地学的一个分支，研究的主要对象是地球的形状、大小和地面上各种物体的几何形状及其空间位置，目的是为人们了解自然和改造自然服务，最基本的内容包括测定和测设两个部分。测定是指用测绘仪器和工具，通过测量和计算，得到一系列的测量数据，或把地球表面的形态及其它信息测绘成各种比例尺的地图，供经济建设、国防建设和科学研究部门使用；测设则是指将工程图纸上规划设计好的建筑物、构筑物在实地上标定出来，作为施工的依据。

随着科学技术的发展，根据研究范围、对象和方法的不同，测绘科学分为许多相对独立的分支学科，主要有大地测量学、地形测量学、工程测量学、摄影测量学、海洋测量学和地图制图学等。

大地测量学是在地球表面上的大范围内建立大地控制网，测定并研究地球的形状和大小，为测绘科学的其它有关学科提供必要的资料。近年来，随着人造地球卫星的发射和空间科学技术的发展，大地测量学又可分常规大地测量学和卫星大地测量学。

地形测量学是研究地形图测绘的基本理论、技术和方法的学科。它是将小区域的地球表面形态不顾及地球曲率的影响，测绘成图。

工程测量学是研究工程建设在勘察设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作的学科。根据工程建设对象的不同，它分为：城市、矿山、铁路、公路、水利和国防等工程测量，主要内容有：工程控制网的建立、施工放样、设备安装测量、竣工验收和沉降变形观测等。

摄影测量学是利用摄影像片来量测、分析和判译地球表面各种物体的形状、大小和空间位置的学科。它又可分为地面、水下、航空和航天摄影测量学。需要特别指出的是，由于遥感技术的发展，摄影方式和研究对象日趋多样，它不仅对固体的和静态的对象，而且对液体的、气体的以及随时间而变化的动态对象，都可应用摄影测量方法进行宏观的或微观的研究。

海洋测绘学是研究地球表面水体（海洋、江河、湖泊等）及水下地貌测绘的基本原理、方法和技术的学科。其主要内容有：海岸带测量、水深测量、潮汐测量、海底地形测量及海图编制等。

地图制图学（又称制图学和地图学）是研究地图及其制图的理论、工艺和应用的学科。即根据测量所得的成果资料和空间遥感技术获取的信息，研究如何投影、编绘和制印各种地图的工作。

综上所述可知，测绘是测量与制图的总称。测绘工作是国民经济和社会发展的一项先行性和基础性工作，广泛地应用在国家各种建设事业以及各种科学技术之中（直接服务于

农业、水利、交通、能源、原材料等基础产业)。测绘是经济发展的一种基本需要,是任何一个社会发展项目不可缺少的组成部分。摸清国土资源的家底,制定国土资源的综合治理方案,农业、水利、能源、交通、原材料等基础产业和国防重大工程项目的规划设计,区域性生产力合理布局方案的论证与决策,城乡建设规划的编制,地球科学和空间技术的研究等等,都需要测绘部门提供基础资料。总之,测绘工作的任务是利用各种方法和手段,获取各种测量数据和其它有关信息,并将其编绘成各种比例尺的地图,为国家建设提供测绘保障和服务。

采矿科学中,在广泛的范围内应用了测绘科学的手段和成果。矿区开发的全过程,都需进行大量的测绘工作,它在采矿工程中起着很重要的作用。因此,每一位矿山工作者,都必需具有一定的测绘知识,以便在实际工作中,应用测绘手段和成果,解决有关技术问题。

采矿、矿建、通风和工民建专业的学生,学习本课程之后,要求达到:掌握测绘学的基本知识和基础理论;能正确使用常规的测量仪器和工具;了解大比例尺地形图和井下采掘工程图的成图过程,在工程设计、施工和生产管理中,具有正确应用地形图、采掘工程图和有关测绘资料的能力;具有进行一般工程测设的基本能力;以便能灵活运用所学的测绘知识为其专业工作服务。

第二节 测绘工作的基准面

前已提到,测绘科学研究的主要对象是地球,实际测量工作是在地球的自然表面上进行的。众所周知,地球表面是由极其复杂的不规则的山川、湖、海等构成。为了便于处理测绘成果,必须了解地球的形状和大小,寻找一个形状和大小都十分接近地球的形体,并选择包围这个形体的面作为测量工作的基准面。

大家知道,地面最高点是珠穆朗玛峰,高达8848.13m,海洋最深点是太平洋西部的马利亚纳海沟,深达-11022m,两者相差近二万米。这样的高低起伏,相对于庞大的地球来说是微不足道的(若将地球缩为半径等于1m的球体,其最大起伏约为3mm,而且仅是在局部地点)。再顾及到地球表面上海洋面积约占71%,陆地面积仅占约29%。所以,人们常把地球总的形状看成是被海水面所包围的球体。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曲面。这个静止的海水面称为水准面,其特性是处处与铅垂线(重力方向线)相垂直。实际上海水受潮汐、风浪等影响,时高时低,静止的海洋面是不存在的。水准面有无数个,其中通过平均海水面的那一个称为大地水准面,它所包围的形体称为大地体。

大地水准面是高程测量作业的基准面。但是大地水准面本身是一个不规则的曲面,这是因为地壳质量分布不均匀和地球表面高低起伏的影响,使重力方向(铅垂线方向)发生不规则的变化,引起大地水准面微量起伏(图0-1)。大地水准面是非常复杂的物理面,无法用数学公式准确表达。为了便于测绘成果的计算,必须选择一个非常接近于大地水准面,且能用数学式正确表达的规则几何表面,这个面叫地球椭球面(图0-2a),又叫参考椭球面,被这个面所包围的形体叫参考椭球体(图0-2b)。

参考椭球体是椭圆绕其短轴 NS 旋转而成的几何形体,其大小和形状决定于长、短半径 a 与 b 。习惯上常用长半径 a 和扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 来表示椭球的大小和形状。

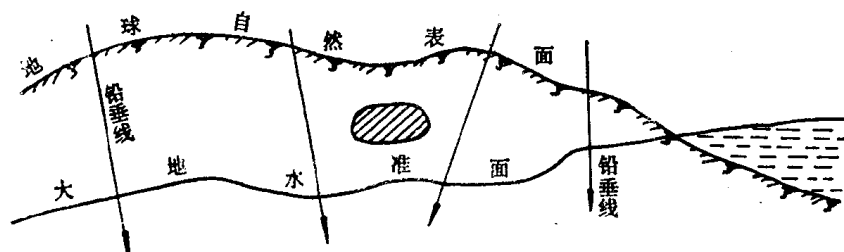


图 0-1

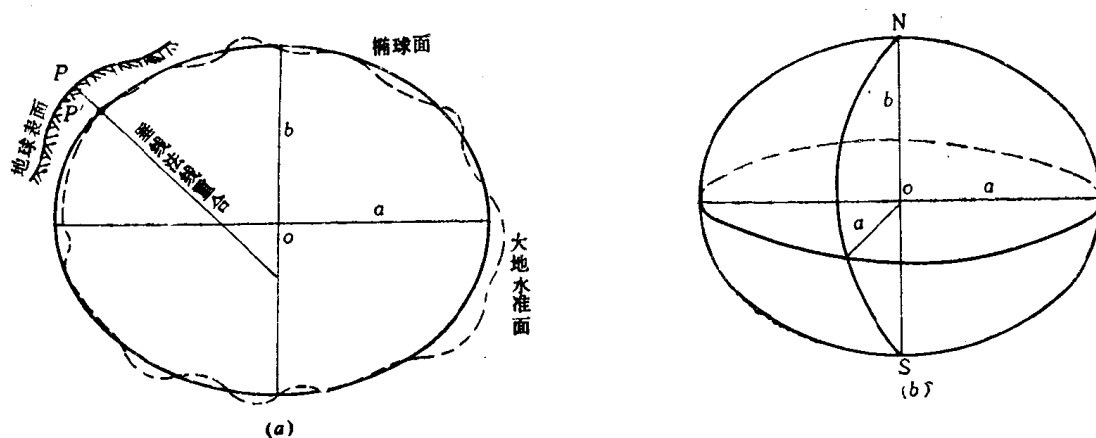


图 0-2

几个世纪来各国许多学者曾分别测算出参考椭球体的元素值，表0-1中所列为当今世界各国常用的椭球元素值。

表 0-1 常用参考椭球元素值

计 算 者	长半轴 a (m)	短半轴 b (m)	扁率 α	年代和国家
海福特	6378388	6356912	1:297.0	1909年 美国
克拉索夫斯基	6378245	6356863	1:298.3	1940年 俄罗斯
第16届IAG推荐值	6378140	6356743	1:298.257	1975年 IUGG
第17届IAG推荐值	6378137	6356752	1:298.257	1980年 IUGG

注：IAG—国际大地测量协会简称；

IUGG—国际大地测量与地球物理联合会简称。

我国在解放前曾采用海福特参数，从1953年改用克拉索夫斯基参数，1980年以来采用第16届IAG的推荐值。

由于参考椭球体的扁率很小，在小范围内可以把地球当作圆球看待，其平均半径为6371km。

随着测绘科学和航天技术的发展，对地球的形状和大小的确定更加精确。卫星资料说明，地球形体十分接近参考椭球体，用椭球体代替大地体是合理的正确的。因此形状、大

小和定置都已确定的参考椭球体的表面即参考椭球面，它是测量计算和制图的基础，是测绘工作的基准面。

第三节 地面点的坐标与坐标系

地面上各种图形都是由一些连续不断的点组成，因此确定地面点位置的工作是最基本的测绘工作。大家知道，地面点的位置一般用平面坐标和高程表示的。本节先介绍地面点的平面坐标。

坐标是表示空间一点位置的有次序的一组数，采用不同的参考系（坐标系），有不同的坐标概念，最常用的有大地坐标系和高斯平面直角坐标系。

一、大地坐标系

在图0-3中， NS 为椭球的旋转轴，通过 NS 轴的平面称为子午面，其中通过英国伦敦格林尼治天文台的子午面称为起始子午面（首子午面）；子午面与椭球面的交线称为子午圈或子午线。通过椭球中心 O 且与 NS 轴正交的平面称赤道面，它与椭球面的交线称为赤道。不通过 O 但与 NS 正交的平面与椭球面相截所得的曲线称为平行圈或纬线。首子午面和赤道面，是在椭球上确定某一点投影位置的两个基本平面。

在地球表面上，经纬线是两组正交的曲线，这两组正交曲线构成的坐标系称为大地坐标系。在这个坐标系中，地面上任何一点 P 的坐标均可用大地经度 L 和大地纬度 B 表示。 P 点的大地经度 L 就是过该点的子午面与首子午面之间的夹角；大地纬度 B 就是过 P 点的法线与赤道面的交角。

经度是从首子午面算起，向东由 0° 到 180° 称为东经，向西从 0° 到 180° 称西经，实际上东经 180° 与西经 180° 是同一个子午面。我国各地的经度都是东经。纬度是从赤道面起算。向北由 0° 到 90° 称为北纬，向南由 0° 到 90° ，称为南纬。我国在赤道以北，所以各地的纬度都是北纬。

地面上任何一点都有一对大地坐标。例如，北京市某点的大地坐标为东经 $116^\circ 20' 44''$ ，北纬 $39^\circ 55' 48''$ ；淮南市某点的大地坐标为东经 $117^\circ 01'$ ，北纬 $32^\circ 42'$ 。

二、高斯平面直角坐标系

上面谈到的大地坐标是球面坐标，在小区域范围内进行工程建设的规划、设计和施工等使用它显然是不方便的，故通常采用平面直角坐标。高斯平面直角坐标系既与大地坐标系相联系，同时又是用平面直角坐标表示地面点的位置，从而极大地简化了测量工作与计算工作。

1. 高斯投影

地球表面是一个不可展的曲面，将球面上的图形展到平面上必将产生变形。为了限制变形，必须采用适当的投影方法来解决这个问题，这在测绘工作中通常采用高斯投影方法。

高斯投影是将地球按一定的经度差划分成若干带，然后将每带投影到平面上。如图0-4，从首子午线开始，自西向东，每隔经差 6° 划为一个带，称为六度带；将整个地球划分成经差相等的60带，带号用数字1、2、…60表示。位于每带中央的子午线叫中央子午线（轴子午线），六度带中央子午线的经度 L_0 与带号 N 的关系，可用下式表示：

$$L_0 = 6N - 3 \quad (0-1)$$

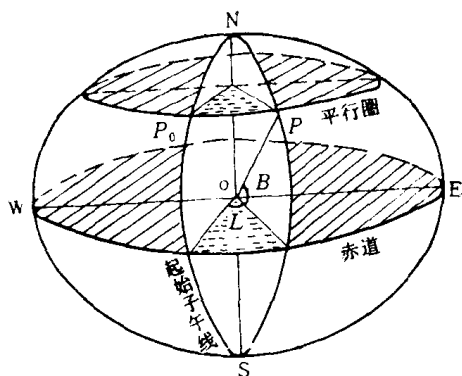


图 0-3

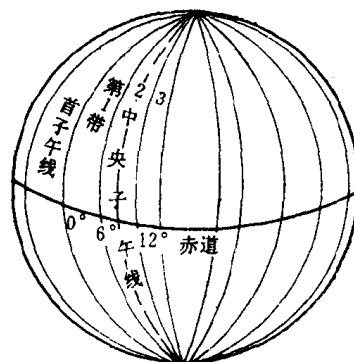
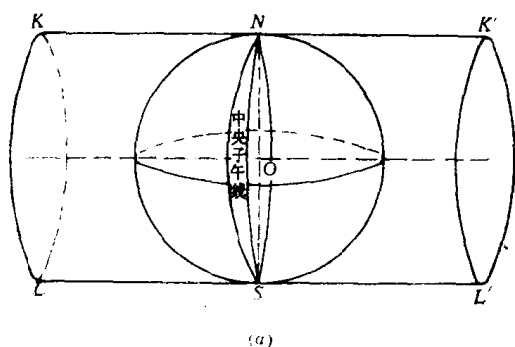
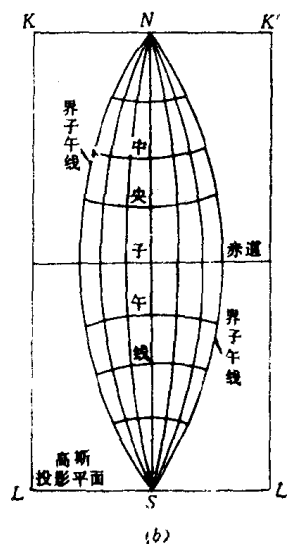


图 0-4

如图0-5a所示, 设想将大地椭球套在一个用平面纸板卷成的空心圆柱内, 圆柱的中心轴线位于赤道面内且通过椭球中心, 使地球某投影带的中央子午线与圆柱面相切, 在保持等角条件下, 将经纬线投影到圆柱面上, 然后将圆柱沿母线切开并展成平面, 便得到图0-5b。投影后的中央子午线与赤道投影互相正交, 且为投影带的对称轴。中央子午线投影后为保持长度不变的直线, 其余子午线凹向中央子午线并向两极收敛。对称于赤道投影的纬圈投影是对称曲线, 凹向两极, 且与子午线垂直。距中央子午线近的部分变形小, 愈远变形愈大。因此, 当要求投影变形较小时, 可采用三度分带投影法。它从东经 $1^{\circ}30'$ 起, 每隔经差 3° 划分一带, 全球共划分为120带, 每带中央子午线经度 l_0 可按式计算:



(a)



(b)

图 0-5

$$l_0 = 3n$$

(0-2)

式中 n ——三度带的号数。

六度带与三度带的对应关系见图0-6。我国位于六度带的第13带到第23带, 三度带的第24带至第46带。

2. 高斯平面直角坐标系

高斯平面直角坐标系是这样规定的: 在每一个投影带内, 中央子午线的投影为该带平

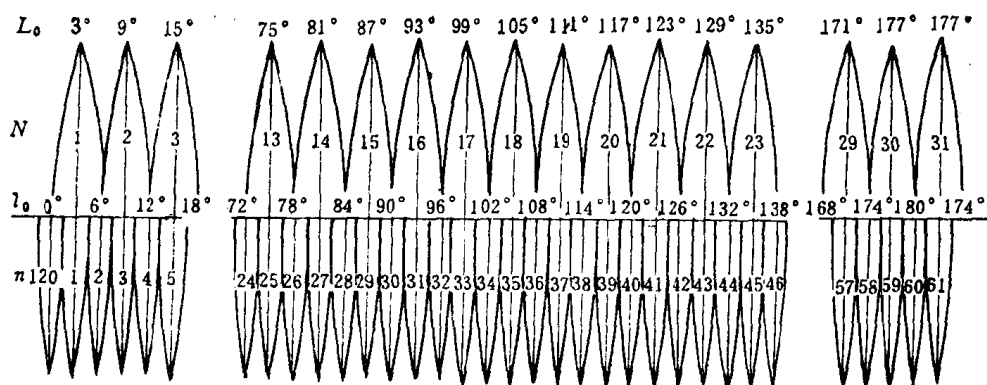


图 0-6

面直角坐标系的坐标纵轴 (x 轴), 北为正; 赤道的投影为横坐标轴 (y 轴), 东为正; 两轴的交点为坐标原点, 如图0-7a所示。

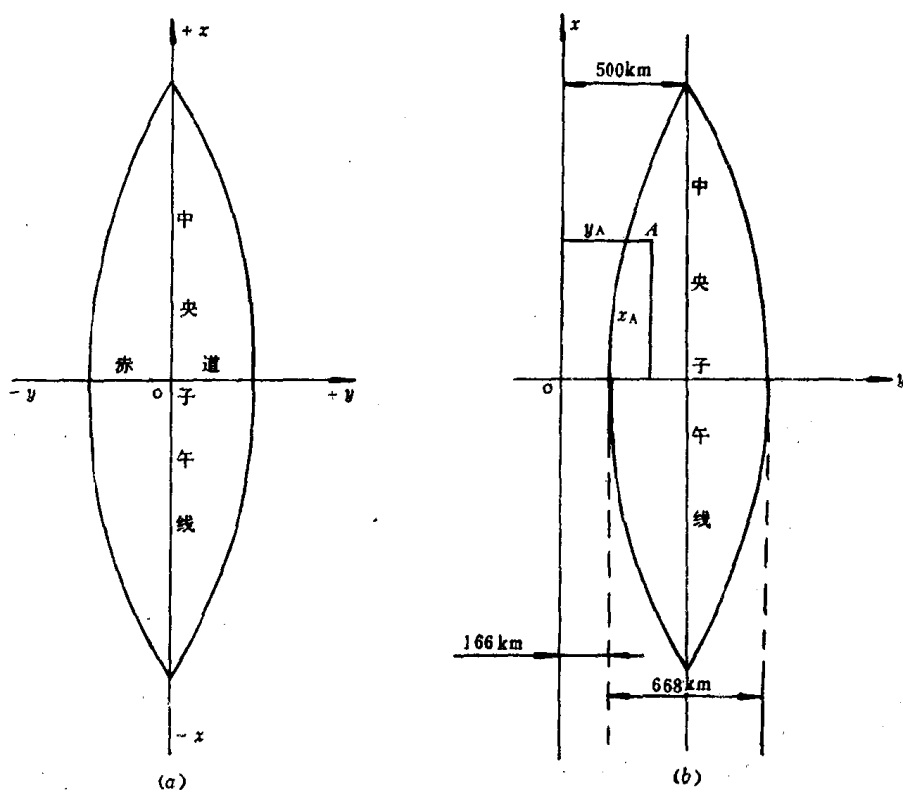


图 0-7

我国位于北半球, x 坐标均为正值, 而 y 坐标值则有正有负。为使 y 坐标恒为正值, 统一规定将 x 轴西移500km。这个坐标系称为国家统一平面直角坐标系 (图0-7b)。可想而知, 每一个投影带有一个彼此相同的高斯平面直角坐标系。为了区别点的所属投影带, 规定在横坐标 y 值前冠以投影带的带号。例如: 我国某点的横坐标值 $y = 20435629.71\text{m}$, 前

面的两个数字为“20”，说明该点位于第20投影带内，因为我国投影带号均为二位数。另一方面，六度投影带在赤道上的宽度约为668km，所以 y 值以米为单位时始终具有六位整数。

必须说明：测量工作中采用的平面直角坐标系（图0-8b）与数学中的平面直角坐标系（图0-8a）是不同的，不同之点在于：纵、横坐标轴不同，四个象限的顺序不同，角度的起始位置和角值的增加方向不同，等等。尽管如此，测量中的纵横坐标计算，仍然可以采用数学中的三角公式和数学用表来进行。

三、独立（假定）平面直角坐标系

当测区范围较小（半径小于10km的范围）时，可以用测区中心点 a 的切平面 P 来代替大地水准面（图0-9），地面点 A 在投影面上的位置就可以平面直角坐标 x_a 、 y_a 来确定。原点 o 一般选在测区的西南角，使测区内各点的坐标均为正值。

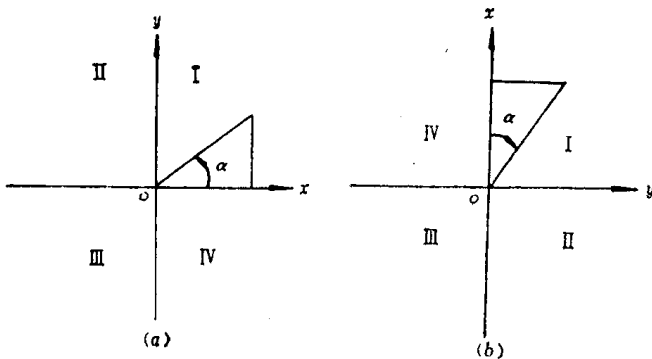


图 0-8

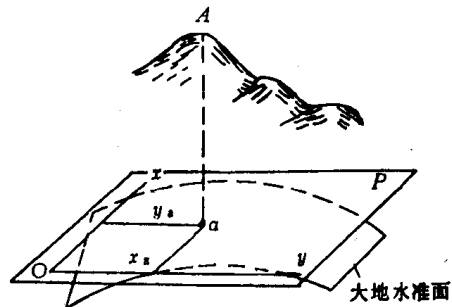


图 0-9

最后应该指出的是，我国已建立了1980年大地坐标系，大地原点在陕西省泾阳县永乐镇；我国大地网整体平差，就是依据这个椭球面进行的。目前尚在使用的1954年北京坐标系，由于历史的原因，实际上是前苏联1942年大地坐标系的扩展，其原点在俄罗斯境内的普尔科沃，所以新的国家大地坐标系必将逐步取代1954年北京坐标系。

第四节 地面点的高程与高程系

前已述及，空间点的位置是用平面坐标和高程表示的。本节讨论点的高程和高程系。

一、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，简称高程或海拔，一般用 H 表示。如图0-10中的 H_A 、 H_B 即为地面 A 、 B 点的绝对高程。

当个别地区引用绝对高程有困难时，可采用假定高程系统，即根据具体情况自行选定水准面（假定水准面）作为起算高程的基准面。地面点到假定水准面的铅垂距离，称为该点的相对高程或假定高程，如图0-10中的 H'_A 和 H'_B 。

两地面点之间的高程差称为高差，用 h 表示。高差有方向和正负之分，但与高程起算面无关。如地面 A 、 B 两点间高差 h_{AB} 为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (0-3)$$

B 、 A 两点高差为

$$h_{BA} = H_A - H_B = H'_A - H'_B \quad (0-4)$$

当 h_{AB} 为正时, B 点高于 A 点; h_{AB} 为负时, A 点高于 B 点。可见 A 、 B 点间的高差与 B 、 A 点间的高差, 绝对值相等, 符号相反, 即 $h_{AB} = -h_{BA}$ 。

二、1956年黄海高程系与1985国家高程基准

在前面已经指出, 通过平均海水面的那个水准面叫大地水准面。我国是在青岛设立验潮站, 对黄海海水面的高低变化进行长期观测, 取其平均值作为我国大地水准面的位置 (即其高程为零的位置)。1956年这个大地水准面与设在青岛观象山公园内的水准原点用精密水准进行了联测, 并确定水准原点高程为72.2893m。用这个数据传算的高程称为1956年黄海高程系。1985国家高程基准是根据1952~1979年的潮汐观测资料, 精确计算出黄海平均海面为我国高程基准, 并求得水准原点高程为72.2604m。这个基准不仅精确、可靠, 而且非常适用。现在我国采用的这个新的高程基准, 比黄海高程系相差仅0.0289m。因此, 对于采用1956年黄海高程系原测的一般高程和地形图不用改动仍能继续使用。新、老高程系的关系如图0-11所示。

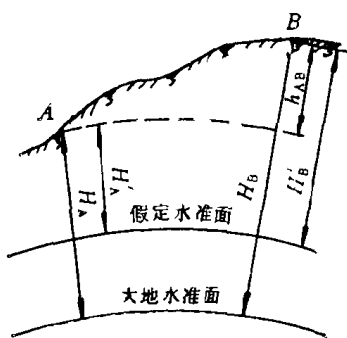


图 0-10

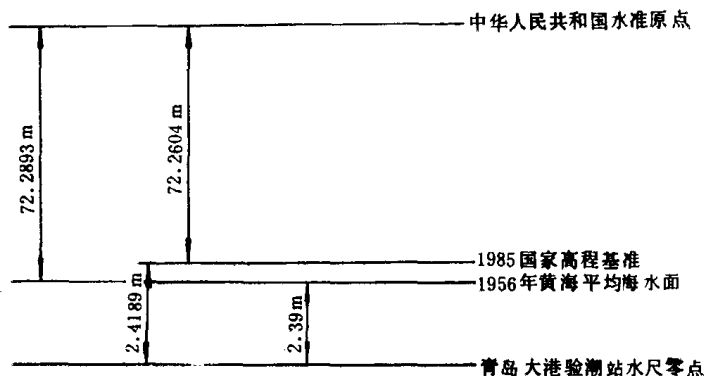


图 0-11

第五节 测绘工作的基本原则和程序

测绘地面点位是最基本的测绘工作。地面点位可以用它的平面坐标和高程来确定。而

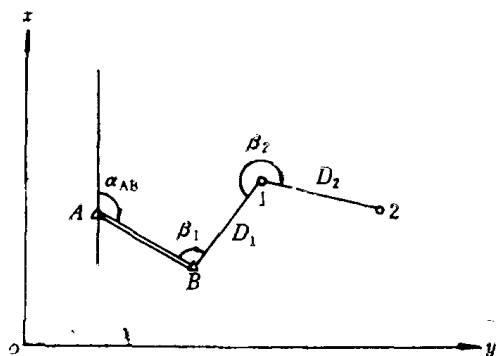


图 0-12

点的平面坐标和高程一般并非直接测定, 而是间接测定, 或者说是传递来的。如图0-12, 点1、2是地面上的两个待定点, 点A、B是已知点。实际工作中, 并不能直接测出1、2点的平面坐标和高程, 而是通过测量水平角 β_1 、 β_2 , 水平距离 D_1 、 D_2 以及高差 h_{B1} 、 h_{12} , 再根据已知点的坐标 (x_B, y_B) 高程 H_B , 以及点AB方向 α_{AB} , 推算出1、2点的平面坐标和高程, 这样它们的点位也就确定了。

由此可见, 测绘的基本工作主要包括测

定距离、角度和高差等外业工作，以及计算、绘图等内业工作。在以后的各章中，将分别介绍这些内容。

为了保证所确定的地面点位具有必要的精度，测绘工作必须遵循“从整体到局部”，“先控制后碎部”的原则和程序进行。下面以地形图测绘为例进行说明。

地球表面复杂多样的形态，可概括为地物和地貌两大类。地物是地面上固定性物体的总称，如河流、道路、耕地和房屋等等。地貌是地球表面各种起伏形态的统称，如平原、山岭、谷地和陡崖等。地形是测绘工作中对地物、地貌的总称。为了测绘图0-13所示的地形图，第一步是先在测区内选择一些有控制意义的点子，如图中的1、2、……等点，组成测区的测量骨干，这些点称控制点；由控制点构成的几何图形称为控制网。以较精确的方法测定控制点的平面位置和高程的工作，谓之控制测量。第二步依据这些控制点，施测它们附近的碎部点，即地物、地貌轮廓的特征点，如图中A、B、……L、M、N、O等点。测定碎部点的工作谓之碎部测量。再根据碎部点之间的关系，勾绘地物轮廓和地貌形态。这种“从整体到局部”，“从控制到碎部”的方法是组织测绘工作的一个原则，它不仅可以减少误差的积累，而且可以同时几个控制点上进行碎部测量，加快测绘进度。另外，由上述可知，当测定控制点相对应的位置有错误时，以其为基础所测定的碎部点点位也就有错；碎部测量有错误时，以此资料绘制的地形图也必然有错误。因此测量工作必须十分重视检核工作，故“前一步工作未作检核不进行下一步工作”是测绘工作的又一原则。

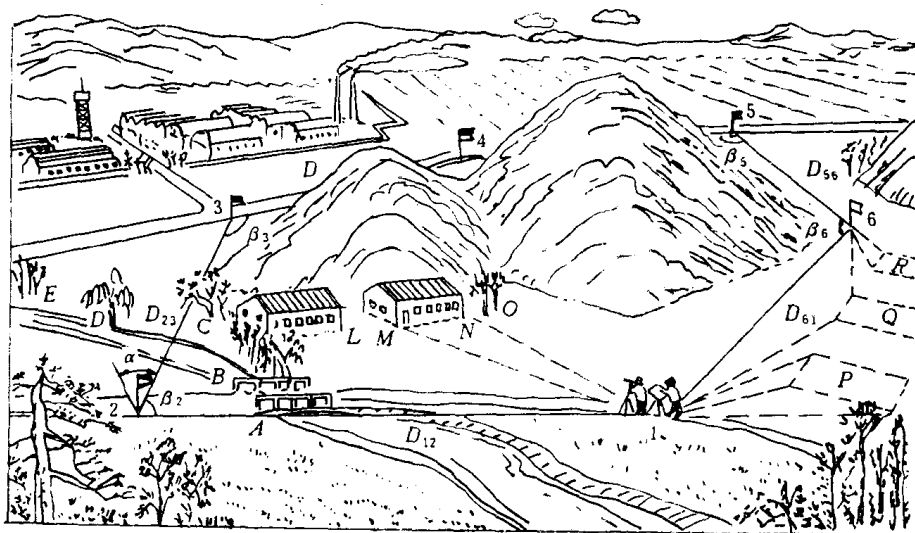


图 0-13

综上所述，测绘工作的原则和程序是：

1) 控制测量 即在整个测区内均匀合理选择少量控制点，用较精密的仪器工具和较精确的测量方法在野外进行平面控制测量和高程测量，然后在室内计算出控制点的坐标与高程。

2) 碎部测量 以控制点为基础在实地测定地物、地貌特征点的位置，然后绘制地形图；或者以控制点为基础，按工程设计详图在室内解算出设计建筑物（或构筑物）的特征点与控制点间的几何数据，然后，在施工现场进行测设和放样，为工程施工提供可靠依据。

复习思考题

1. 测绘科学研究的对象和任务是什么？简述测绘工作在国民经济建设中的作用。
2. 测定与测设有何区别？
3. 何谓水准面与大地水准面？它们有什么特性？
4. 测量工作中的基准面指什么？
5. 何谓高斯投影？它有何特点？
6. 高斯平面直角坐标系是怎样建立的？
7. 何谓国家统一平面直角坐标系？我国现在采用的是什麼坐标系？
8. 设某点的经度为 $119^{\circ}15'$ ，试计算它所在的六度带和三度带的带号，以及相应的六度带和三度带的中央子午线经度？
9. 测绘工作中所用的平面直角坐标系与数学上平面直角坐标系有何区别？
10. 何谓绝对高程与相对高程？两点之间的相对高程之差与绝对高程之差是否相同？我国现在采用何种高程系统？
11. 我国大地原点和水准原点设在何处？
12. 确定地面点位的三个基本要素是什么？
13. 实际测量工作中应遵循哪些原则和作业程序？为什么要这样做？
14. 测绘学对你所学的专业起何作用？学完后应达到哪些要求？

第一章 角 度 测 量

第一节 角度测量原理

角度测量是确定地面点位的基本工作之一。角度可分为水平角和竖直角，它们的测量原理分述如下：

一、水平角测量原理

水平角是同一水平面上两方向线之间的夹角，或一点到两目标的方向线垂直投影在水平面上所成的角度。

如图1-1所示， A 、 O 、 B 是地面上的任意三点， OA 和 OB 是地面两相交直线，沿铅垂线方向将 OA 、 OB 投影到水平面 H 上，得 O_1A_1 和 O_1B_1 ，则 $\angle A_1O_1B_1$ 就是要测的水平角 β 。因此，地面上任意两直线间的水平角，就是分别通过该两直线所作竖直面间的两面角。

为了测量上述的水平角值，可设想在通过 O 点的铅垂线上水平地放置一个刻度圆盘，使它的圆心在 OO_1 线上，过 OA 、 OB 的两个竖直面 V_1 、 V_2 与圆盘交线间的夹角就是水平角。水平角值由 0° 到 360° 。若两交线在刻度圆盘上的读数分别为 a 和 b ，则

$$\beta = b - a \quad (1-1)$$

二、竖直角测量原理

竖直角又称垂直角、高度角和倾斜角，它是一点至观测目标的方向线与水平面间的夹角，或在同一竖直面内视线与水平方向的夹角，常用 α 表示。视线在水平方向之上，称仰角，符号为正；视线在水平方向之下，称俯角，符号为负。竖直角角值由 -90° 到 $+90^\circ$ 。

图1-1中 OA 、 OB 为竖直面 V_1 和 V_2 内的两条倾斜视线， OA' 和 OB' 分别为它们的水平方向，则 OA 、 OB 视线的竖直角分别为 $+\alpha_1$ 和 $-\alpha_2$ 。

竖直角和水平角一样，其角值也是两个方向值之差，所不同的是两个方向中必须有一个是水平方向。所以欲测得竖直角，可设想安置一个垂直于水平刻度圆盘方向的竖直刻度圆盘，并使水平方向在竖直刻度圆盘上的读数为固定值（ 0° 、 90° 、 180° 、 270° 等），则根据倾斜视线在竖直刻度圆盘上的读数，就可计算出竖直角。

在天文、大地等测量工作中，一般不用竖直角，而用天顶距。天顶距就是视线方向与铅垂线方向（天顶方向）所夹的角度，用符号 Z 表示，其角值从 0° 到 180° ，无负值。图1-2中， OA 、 OB 视线的天顶距分别为 Z_1 和 Z_2 ；且从图中可以看出，同一视线的天顶距与竖直角之和应等于 90° ，即

$$Z = 90^\circ - \alpha \quad (1-2)$$

由上可知，测量水平角的仪器必须具备一个能安置成水平的刻度圆盘，并能使圆盘中心位于角顶点的铅垂线上；一个能照准不同方向、不同高度目标的望远镜，它不仅能在水平方向旋转，而且能在竖直方向旋转，构成一个竖直面。为了测竖直角或天顶距，还需有一个垂直于水平方向且能随望远镜一起转动的竖直刻度圆盘。