中等专业学校规划教材

矿图

（修订本）

周冠军 编

煤炭工业出版社

中等专业学校规划教材

矿图

（修订本）

周冠军编

煤炭工业出版社

（京）新登字 042 号

内 容 提 要

本书系统地介绍了矿图的基础知识，对煤矿各种矿图的内容、绘制、识读和应用方法作了具体阐述。书中附有大量插图及思考练习题，帮助读者加深理解和掌握所学知识。

本书是煤炭中等专业学校地下采煤、矿井建设、通风与安全、计划与统计、物资供应与管理等专业的《矿图》课程的通用教材，也可作为煤矿管理干部学校、煤矿干部培训的教材，并可供矿山生产管理人员参考。

中等专业学校规划教材

矿 图

（修 订 本）

周 冠 军 编

责任编辑：洪 镀

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 787×1092mm 1/16 印张 11 3/4 插页 2

字数 278 千字 印数1—9,365

1993年10月第1版 1993年10月第1次印刷

ISBN 7-5020-0808-X/TD·747

书号 3576 B0114 定价5.65元

前　言

本教材是在1983年煤炭工业出版社出版的《矿图》教材的基础上，为了适应煤炭中等专业学校非矿山测量专业的教学需要编写的。编写时对1983年版本作了较大的修订。在修编过程中，继续遵循了由直观到抽象，由点到面，由简到繁，逐步深入和循序渐进的认识规律，保留了原教材通俗易懂的特点。在内容编排和取舍方面，将矿图中应用的投影知识专列为一章，增加了轴测投影的基本知识，删减了一些有关方位角的论述，突出了井田区域地形图、煤矿地质图和采掘工程图的三部分内容，并考虑到不同专业的需要，适当增加了某些内容。

在修编过程中，马希远、吴超、杜丛生、刘吉祥等同志，对教材的修改提出了许多很好的意见，并提供了他们在教学实践中所积累的宝贵资料，马秀英同志协助改编了第二章、第六章，编绘了书中部分插图，并对全书进行了初步检核。对这些同志的大力帮助和支持，在此一并表示感谢。

由于编者水平所限，书中仍会有错漏之处，敬希读者批评指正。

编　者

1992年8月

目　　录

绪　论……1
第一章　矿图基本知识……3
　第一节　矿图比例尺……3
　第二节　矿图上点位的确定……5
　第三节　矿图上直线定向……12
　第四节　矿图的分幅及编号……14
　第五节　矿图方格网和高程线的绘制……16
　第六节　矿图符号……19
第二章　投影基本知识……20
　第一节　投影概述……20
　第二节　正投影……21
　第三节　标高投影……22
　第四节　轴测投影……34
第三章　井田区域地形图……42
　第一节　概述……42
　第二节　地物符号……42
　第三节　地形等高线……43
　第四节　井田区域地形图的识读……51
　第五节　井田区域地形图的应用……53
　第六节　工业广场平面图……57
第四章　煤矿地质图……64
　第一节　煤层底板等高线图……64
　第二节　井田地形地质图……81
　第三节　垂直地质剖面图……89
　第四节　水平地质切面图……92
　第五节　钻孔柱状图、综合柱状图、煤岩层对比图……97
第五章　采掘工程图……105
　第一节　采掘工程平面图……105
　第二节　水平主要巷道平面图……120
　第三节　井底车场平面图……122
　第四节　采掘工程立面图……126
　第五节　采掘工程层面图……130
　第六节　采煤工作面布置图……130
　第七节　采区单项工程施工图……134
　第八节　井筒断面图……146
第六章　煤矿其它矿图……152
　第一节　井上下对照图……152
　第二节　主要保护煤柱图……156

第三节　采掘计划图 …… 159
第四节　煤矿生产系统图 …… 161
附　录 …… 169
一、常用地物、地貌符号 …… 169
二、煤矿测量图常用符号 …… 174
三、煤矿地质图常用符号 …… 177
四、地层岩石常用符号 …… 180
五、采煤方法图常用符号 …… 181
主要参考书目 …… 183

绪　　论

一、矿图的种类

为了满足矿井设计、施工和生产管理等工作的需要所绘制的一系列图纸，统称为矿图。一个生产矿井必须具备的图纸一般可分为两大类，一类是矿井测量图，一类是矿井地质图。

1．矿井测量图

矿井测量图是根据地面和井下实际测量的资料绘制而成。由于矿井采掘情况不断变化，因而矿井测量图是随着矿井的开拓、掘进和回采等工作的进行，逐步测量并填绘的。

矿井测量图主要反映矿井地面的地貌、地物情况，井下各种巷道和硐室空间位置，矿床产状和各种地质构造，井下采掘情况以及井上下相互位置关系等情况。

一个矿井必须具备的主要矿井测量图有：井田区域地形图，工业广场平面图，采掘工程平面图，井底车场平面图，水平主要巷道平面图，采掘工程立面图，井上下对照图，主要保护煤柱图，井筒断面图等。

2．矿井地质图

在建井前，根据地质勘探资料，对煤层的产状、大的地质构造和煤炭质量等，已经基本掌握，并绘制了各种地质图。在矿井建设和生产过程中，对煤层产状、地质构造和煤质等情况，又会有新的发现，必须据此对原有地质图纸进行补充和修改。矿井地质图一般是在矿井测量图的基础上，运用生产过程中收集到的地质资料和原有勘探资料，经过分析推断绘制而成的。其推断部分，以后还要根据实际情况加以修改和补充，使矿井地质图的精度不断提高，为煤矿的设计、建设和生产提供可靠的依据。

矿井地质图主要反映全矿煤层的产状、地质构造、地形地质、水文地质、煤质空间分布等情况。

煤矿常用的主要矿井地质图有：地形地质图，煤层底板等高线图，各种地质剖面图，各种柱状图，煤岩对比图等。

矿井地质图和矿井测量图有着密切的联系，如果没有矿井测量图，矿井地质图就难于绘制；反之，矿井测量图如果不根据矿井地质图填绘可靠的地质资料，就说明不了煤层埋藏的真实情况，因而将大大地降低矿井测量图的实际使用价值。

在以上两类图纸的基础上，根据生产的需要，还要绘制一些其它的矿图，常用的有：采掘计划图，施工设计图，通风系统示意图，运输系统示意图，排水系统示意图，供电系统示意图等。

二、学习《矿图》课程的意义

正确地进行开采设计，科学地管理和指挥生产，合理地安排生产计划，及时可靠地制定灾害预防措施和处理方案等工作，都需要借助于矿图来完成。作为一个煤炭工业企业的生产技术与管理人员或基层干部，必须学习有关矿图的基本知识。为此，近几年来，在煤炭中等专业学校的有关专业，以及在矿山基层生产技术管理干部的培训中，都开设了《矿

图》课程。

学习《矿图》课程，是为了在了解绘制矿图基本原理的基础上，熟悉煤矿常用矿图的基本内容，掌握识读和绘制各种常用矿图的基本技能，学会利用矿图管理煤矿企业和指导生产的基本方法。

三、《矿图》课程和其他课程的关系

《矿图》课程与《矿山测量学》、《煤矿地质学》和《采矿工程学》等课程有着密切的联系。要学好矿图课程，必须具备有关的专业知识；而初步具备了矿图方面的基本知识，也能促进对各专业知识的学习。这就是《矿图》课程与其它各有关专业课程的辩证关系。

本课程的任务主要是使学生掌握识读、绘制和应用矿图的基本知识和技能，而对绘制矿图所需要的原始资料的测量及计算，矿床产状及地质构造的一般规律的探索，以及采矿工程的一些技术的正确决策，则应由其他有关课程来论述。

四、《矿图》课程教学的几个问题

应用本教材进行《矿图》课程的教学，或不同专业的学生通过本教材学习有关矿图的基本知识和技能，应注意以下三个方面的问题：

（1）绘制矿图时应用的投影知识，是识读、绘制和应用矿图的基本原理，是矿图的理论基础。学习矿图应首先了解投影知识，尤其是标高投影的基本知识。掌握了标高投影的原理，无论遇到多么复杂的图纸，都会一目了然。

初学者由于缺乏投影和专业知识，可能对学习矿图，建立矿图的立体概念有一些困难。为了解决这一问题，本书在编排内容的顺序上，采用了由浅入深、循序渐进，由个别到整体，由直观到抽象的方法，将标高投影的基本原理，贯穿到全书的各个章节，读者可以从各种矿图识读和应用中，加深对标高投影原理的理解，反过来，再应用标高投影的基本原理，去分析和应用各种矿图。

（2）本教材介绍了煤矿中常用的25种矿图，重点介绍了井田区域地形图、煤层底板等高线图和采掘工程平面图三种主要矿图的识读、绘制和应用的基本方法。实践证明，只要掌握了这三种基本矿图的识读、绘制的基本原理和方法，就能比较容易地识读、绘制和应用其它矿图。因此，不论哪一个专业，都应着重学习这三种基本矿图。对其它各种矿图，则可根据不同专业的需要选择学习。

（3）矿图的基本原理虽然简单易懂，但是要学会和运用这些基本原理去识读和绘制矿图，还需要有一个反复练习的过程。建议教师在讲授本课程时，要安排足够的时间让学生进行识读、绘制和应用矿图的基本训练。为此，本书每一章的后部都列了一些不同类型和不同难易程度的思考练习题，可根据不同专业的需要和要求选择运用。

第一章　矿图基本知识

识读和绘制矿图，首先要熟悉和掌握有关矿图的一些基本知识，如矿图的比例尺，矿图上点位和直线方向的确定，矿图的分幅和编号，矿图方格网和高程线的绘制，以及各种矿图符号等。

第一节　矿图比例尺

一、比例尺的概念

绘制各种矿图时，不可能按其实际尺寸将图形描绘在图纸上，总要经过缩小，才能在图纸上表示出来。例如实际长度为1000m的水平巷道，缩小1000倍画在图上，其相应线段长度则为1m，这张图纸的比例尺就是1:1000，或写成$\frac{1}{1000}$。由此可知，所谓图纸比例尺就是图纸上线段长度与实际相应线段水平长度之比。

二、比例尺表示方法

比例尺的表示方法常用的有数字比例尺和图示比例尺。

（一）数字比例尺

用分数或比例数字的形式表示的比例尺，称为数字比例尺。一般用分子为1，分母为整数（M）来表示，即$\frac{1}{M}$。

设图纸上线段长度为l，实际相应水平线段长度为L，比例尺分母为M，则图纸比例尺各要素的关系为

$$\frac{1}{M}=\frac{l}{L} \tag{1-1}$$

按上式的关系，只要定出了比例尺，就可按实际测得的线段水平长度，在图纸上绘出其相应的长度；或按图上量得的某线段长度，求出其实际水平长度。同样，根据图纸上的线段长度及其实际水平长度，就可求出图纸的比例尺大小。

〔例1-1〕　实际测得某段水平巷道的长度为96.4m，求在1:2000的图纸上，该段巷道应绘的长度。

由公式（1-1）可知

$$l=\frac{L}{M}$$

已知$M=2000$，$L=96.4\text{m}$，故在图纸上该段巷道长度应绘为

$$l=\frac{96.4}{2000}=0.0482\text{m}=48.2\text{mm}$$

〔例1-2〕　在1:5000的平面图上量得某段巷道长为20mm，求此段巷道实际的水平长度。

由公式（1-1）可知

$$L = Ml$$

已知$M = 5000$，$l = 20\text{mm} = 0.02\text{m}$，故该段巷道实际的水平长度为

$$L = 5000 \times 0.02 = 100\text{m}$$

〔例1-3〕 已知某线段图纸上的长度为40mm 及其实际水平长度为 200m，求该图的比例尺。

由公式（1-1）可知

$$M = \frac{L}{l}$$

已知$L = 200\text{m}$，$l = 0.04\text{m}$，故

$$M = \frac{200}{0.04} = 5000$$

即该图比例尺为1:5000。

为了便于从图纸上迅速地量出实际线段水平长度或将线段实际水平长度缩成图纸中的长度，常常使用一种三棱尺（也称缩尺），如图1-1所示。三棱尺有六个尺面，每个尺面分划均按一定的比例关系刻成。这样，只要应用与矿图比例尺相同的尺面，就可以从图上直接量出线段实际的水平长度。



图 1-1 三棱尺

（二）图示比例尺

用图示形式表示的比例尺称为图示比例尺。图示比例尺有直线比例尺和斜线比例尺之分，矿图中常用直线比例尺。

直线比例尺是按照数字比例尺绘制的。其绘制方法如下：

（1）先在图纸上绘一条直线，用分划点把它分成若干个2cm或 1cm 的线段，这些线段称为比例尺的基本单位；

（2）将最左端的基本单位再分成20个或10个等分（一般每个等分为1mm），然后在该基本单位的右分点上注记0，如图1-2所示；

（3）自 0 点起，向左向右的各分划点上，注记不同线段所代表的实际距离。

使用直线比例尺时，先用分规在图上量出某两点的距离，然后将分规移至直线比例尺上，使其一脚尖对准 0 点右边的一个分划点上，从另一脚尖读取左边的小分划数，并估读零数。如图1-2中一线段长为251m，其中1m即为估读数。

应用直线比例尺，可以省略使用数字比例尺的计算，并可避免由于图纸的伸缩而引起的误差。在一些技术资料或书刊的插图中，绘制原图时，按上述办法在原图适当位置绘出直线比例尺，制版印刷时，直线比例尺和原图同时缩小，这样的插图，既可在插图上用直

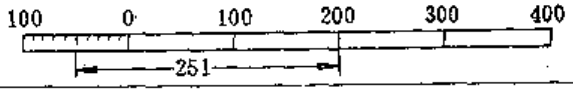
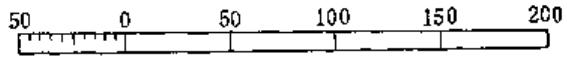
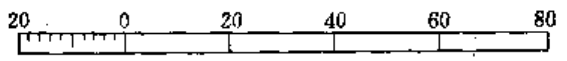
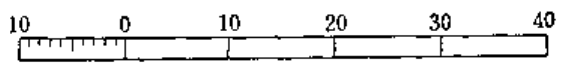
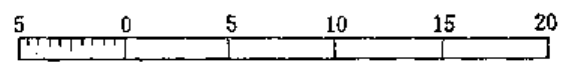
原图比例尺	直线比例尺（m）
1:10000	
1:5000	
1:2000	
1:1000	
1:500	

图 1-2 直线比例尺

线比例尺直接度量线段实际水平长度，又可从直线比例尺的注记中知道原图比例尺的大小。

三、比例尺精度

人们用肉眼能分辨出图上的最小长度，一般认为是0.1mm，这就是说，小于0.1mm的线段，实际上不能绘在图上。因此，图上0.1mm所代表的实际长度，称为比例尺的精度。矿图中常用的比例尺有1:500，1:1000，1:2000，1:5000，1:10000等。在不同比例尺的图面上，比例尺的精度如表1-1所示。

表 1-1 比 例 尺 精 度

比 例 尺	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000
比例尺精度 m	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0

从表1-1中可知：当测图比例尺确定后，就可推算出测定实际距离时应准确到什么程度；或者为使某种尺寸的物体能在图上表示出来，可按要求确定图纸应该选用多大比例尺。例如，测绘1:2000比例尺的矿图时，实际测量的精度只要求达到0.2m即可，因为测量再准确，在图上也表示不出来；又如，若要求在图纸上能表示出0.1m的实际长度的精确程度，其选用图的比例尺不应小于1:1000。

第二节 矿图上点位的确定

在矿区内，地面上各种地形（即高低起伏的地表形态）和地物（包括房屋、道路、河流等），井下各种地质构造和煤层产状，各种巷道和硐室等，虽是多种多样的，但它们的

几何形状和位置，却是可以由一些特征点来确定。例如一栋楼房的几何形状和平面位置，可以由这栋楼房的一些特征点所连成的房屋轮廓折线来表示，如图1-3*a*所示，如果能确定1、2、3、4……等特征点的平面位置，这栋楼房的几何形状和平面位置也就确定了。

同理，地面高低起伏的变化情况，可以用地面坡度变化点所组成的折线表示，如图1-3*b*所示，只要把1、2、3、4……各点的高低和平面位置确定了，地面变化的情况也就反映出来了。

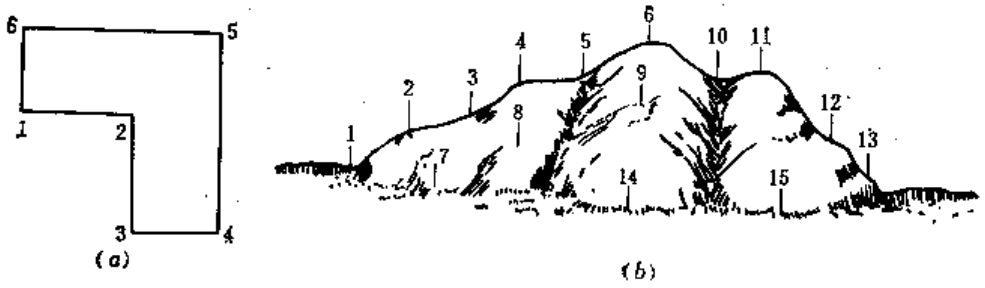


图 1-3　楼房轮廓和地面起伏特征点

因此，测绘矿图，是从点开始的。首先找出图形的特征点，例如地面建筑物的拐角点，道路的交岔点，地表坡度的变化点，井下巷道中心线的转折点、交岔点等等，确定了这些点的位置，把这些点绘制在图纸上，再把有关的点联接起来，就可以得到所需要的图形了。如图1-4*a*所示，先在测区内选择若干个控制点 A、B、C、D 等，测定这些点的位置，然后再根据这些点测定附近地物、地貌的特征点，从而绘成了地形图1-4*b*。

确定特征点的位置，就是确定它的平面位置和高低位置。

一、矿图上点的平面位置

点的平面位置一般用坐标来表示。在大的测绘范围内，某点在地球表面上的位置，通常是用经度和纬度来表示的，某点的经度、纬度称为该点的地理坐标；在矿区范围内，某点在矿区平面上的位置，通常是用纵横坐标来表示的，某点的纵坐标、横坐标称为该点的平面直角坐标。现将这两种确定点在平面上位置的方法、相互关系及有关知识介绍如下。

（一）地理坐标

为了建立地理坐标的概念，首先介绍一下有关地球表面的基本线和面。

地球近似一个旋转的球体，如图1-5所示。PP_1为地球的自转轴，称为地轴。P表示地球的北极，P_1 表示地球的南极。通过地球中心，且与地轴垂直的平面称为赤道面，赤道平面与地球表面的交线，称为赤道。垂直于地轴而不通过球心的平面与地球表面的交线称为纬线。

通过PP_1地轴和地球表面上任一点L 的平面，称为通过L点的子午面。子午面与地球表面的交线，称为子午线，又称经线。国际上把通过英国格林尼治天文台的一特定点的子午面，称为首子午面，该面和地球表面的交线，称为首子午线，以此作为经度计算的起点。

通过地球表面上任一点L的子午面与首子午面所组成的二面角，称为L点的经度，用λ表示。经度由首子午面算起，向东向西量度，由0°～180°，首子午面以东者，称为东经，以西者称为西经。同一子午线上的点其经度相等。

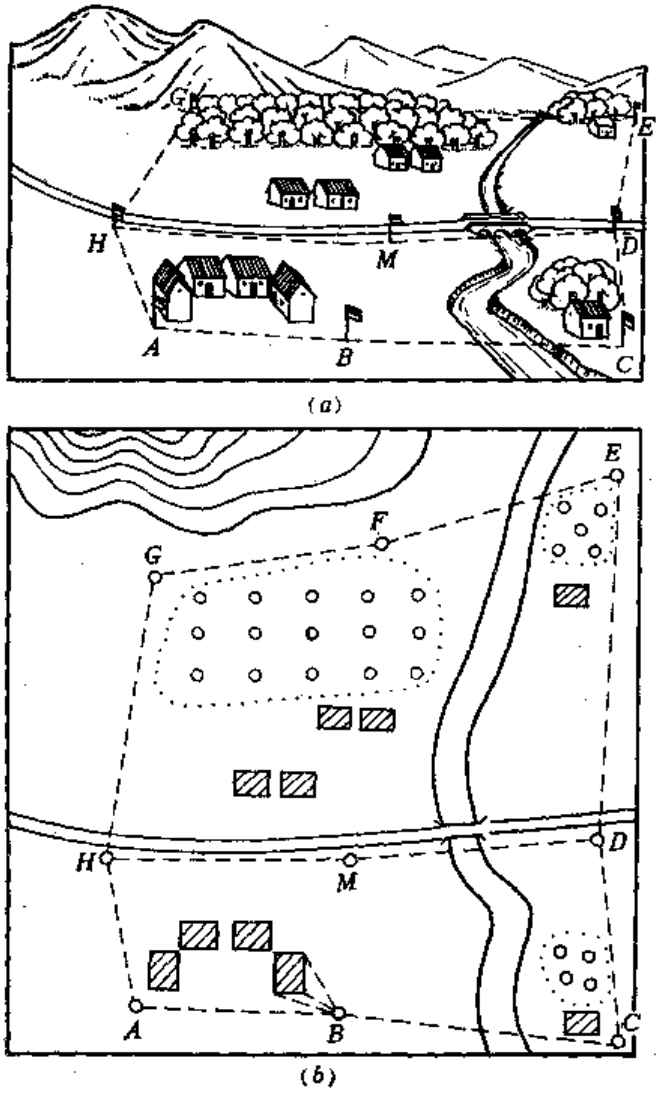


图 1-4　地形图测绘

通过L点的铅垂线和赤道平面所成的夹角，称为L点的纬度，以φ表示。纬度由赤道算起，向南向北量度，由0°～90°，在赤道以北者，称为北纬，以南者称南纬。同一纬线上各点的纬度相等。

经线和纬线，一纵一横，互相交织，构成的网格，称为经纬网格，如图1-6所示。图中（a）为经线，（b）为纬线，（c）为经纬网格。地球表面上任一点的位置，就是以该点的经度和纬度来表示的。这种表示点在地球表面上位置

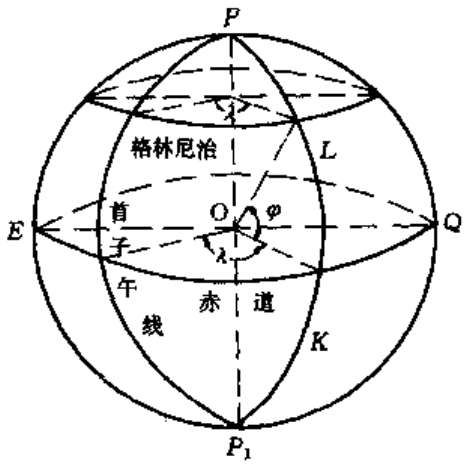


图 1-5　地理坐标

的方法，称为地理坐标法。例如我们祖国的首都——北京某点的地理坐标是东经11 6°28′，北纬39°54′。

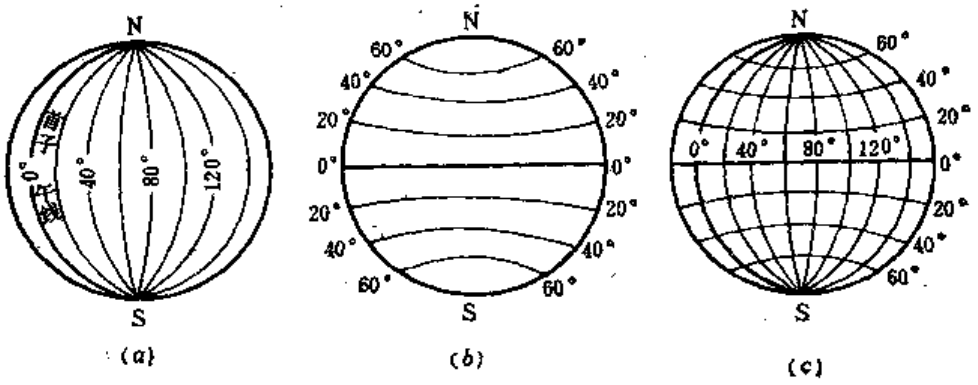


图 1-6　经纬网格的建立

（二）平面直角坐标

在矿图的测绘中，通常都是采用平面直角坐标来表示某点在平面上的位置。

1．平面直角坐标表示点位的方法

平面直角坐标系统是由平面上两条相互垂直的直线所组成，如图1-7所示。直线xx称为纵坐标轴，通常与某子午线的方向一致，直线yy称为横坐标轴，与赤道方向一致。纵横坐标轴的交点o，称为坐标原点。坐标轴将平面分成四个部分，称为象限。顺时针方向排列，分别为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ象限。坐标数值由坐标原点算起，向上（北）、向右（东）为正数，向下（南）、向左（西）为负数。地面上任一点A的位置，是由该点到纵横坐标的垂直距离Aa_1和Aa_2来表示的。Aa_1称为A点的纵坐标，亦称x坐标，以x_A表示；Aa_2称为A点的横坐标，亦称y坐标，以y_A表示。

在矿图上，通常都画有平行于纵横坐标轴的直线所构成的方格网，称为坐标方格网，每个小方格一般为100mm×100mm，在每一条纵横直线上注明其坐标值，此值就是这条直线距纵横坐标轴的垂直距离。根据图纸比例尺的不同，小方格所代表的实际距离也不同，一般为百米或公里的倍数。如图1-8所示。箭头N为指北方向，图的下部数值为横坐标数值，左部的数值为纵坐标数值，这样，图上任一点A的位置，可以从该点所在的小方格左下角的纵横坐标数值中求出。如从图中知$Aa_1=60$m，$Aa_2=50$m，则A点的位置为

$$x_A = 1700 + Aa_1 = 1700 + 60 = 1760\text{m}$$

$$y_A = 2300 + Aa_2 = 2300 + 50 = 2350\text{m}$$

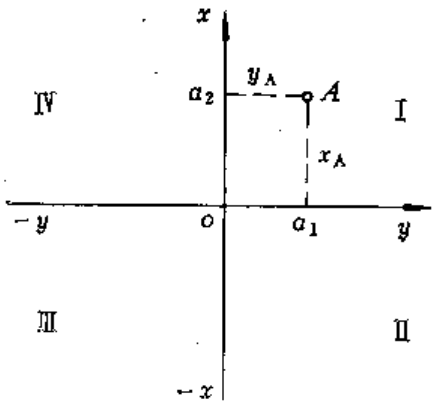


图 1-7　平面直角坐标表示点位

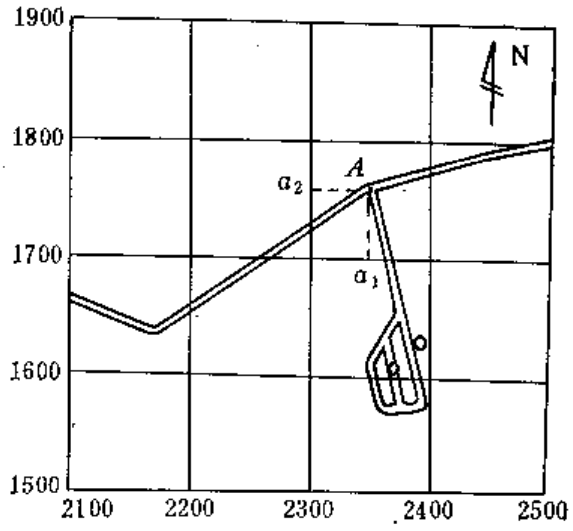


图 1-8　平面直角坐标网

2．平面直角坐标系统的建立

建立平面直角坐标系统需要解决两个问题，第一是地球为一球面，如何将其展为平面，以便采用平面直角坐标；第二是采用地球上的哪两条线为平面直角坐标系统中的x轴和y轴。目前，多数国家采用高斯投影的方法来解决这两个问题。

1）高斯投影方法

将地球看作一个圆球，另取一个空心圆柱，套于球的外面，使圆柱体的轴线Z_1Z_2通过地球中心，圆柱体正好与球面上某子午线（POP_1）相切，这条子午线称为中央子午线，

亦称轴子午线，如图1-9*a*所示。圆柱面和球面有了这样的关系之后，在保持球面上任意两线所夹的角度投影后大小不变的前提下，将球面上中央子午线附近的各点投影到圆柱表面上，然后过两极P、P_1沿圆柱母线将圆柱面切开，并展成平面，就得到投影平面上的各点了。图1-9*b*就是中央子午线附近的经线和纬线在水平面上的投影。

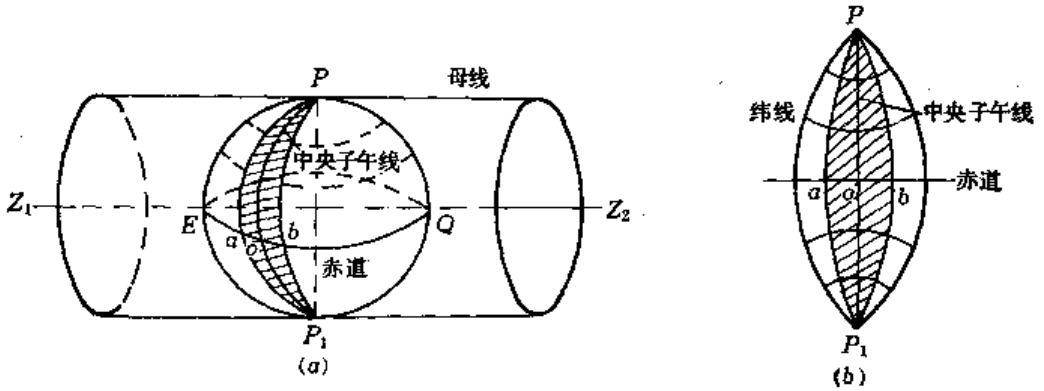


图 1-9　高斯投影示意

2）投影带的划分

从图1-9*b*中可以看出，中央子午线POP_1的投影为一条直线，投影后无长度变形；而其余的经线投影后为曲线，且有长度变形，离中央子午线越远，其投影后的长度变形愈大，这对图的精度会产生较大的影响。为了解决这一问题，将地球依次分成许多条带。如图1-10所示，从首子午线开始，从西向东，按经度每隔6°划分成一个条带，称为6°投影带，这样就能把地球分成60个6°投影带。有时为了达到更高的精度要求，每隔3°划分成一个投影带，共分成120个3°投影带。

图1-11为地球表面部分投影带投影展平后的情况。图中赤道以上为6°带分带投影的情况，L_0为每个6°带的中央子午线经度数值，n为带的编号。我国地跨11个6°带，中央子午线自东经75°起，至东经135°止。图中赤道以下是3°带分带的情况，n'表示3°带的编号，3°带自1°30′开始，每3°划分一带。

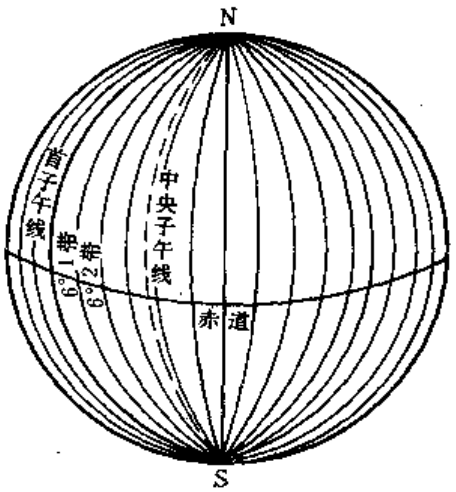


图 1-10　地球条带划分

3）平面直角坐标系

采用分带投影后，每一带的中央子午线都与赤道构成相互垂直的两条直线，以中央子午线作为平面直角坐标系的x轴，以赤道作为y轴，这样在每个投影带内便构成了一个独立的平面直角坐标系，如图1-12所示。

纵坐标从赤道算起，向北为正值，向南为负值，由于我国位于北半球，所以纵坐标均为正值。如图1-13*a*所示，$x_A=3027\text{km}$，说明A点距赤道的垂直距离为3027km。

横坐标自中央子午线算起，向东为正值，向西为负值。如图1-13*a*所示，y_A为正值，y_B为负值。为了避免横坐标出现负值，习惯上将纵坐标轴向西移动500km。这样，位于中

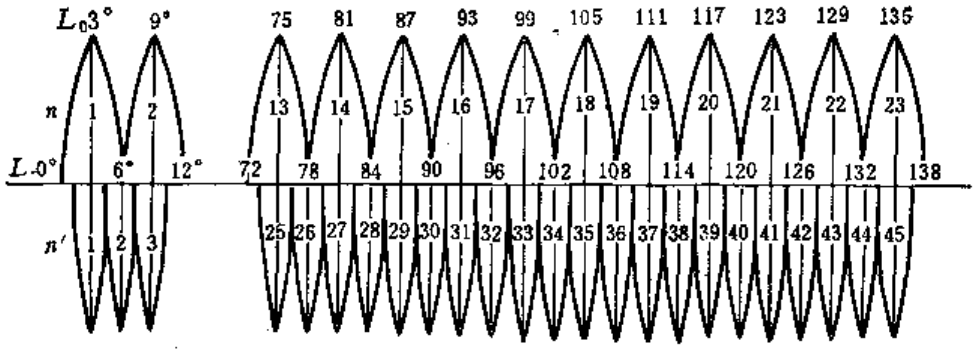


图 1-11 6°带和3°带划分

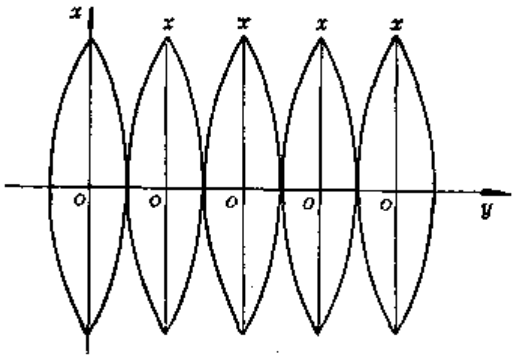


图 1-12 投影带纵横轴

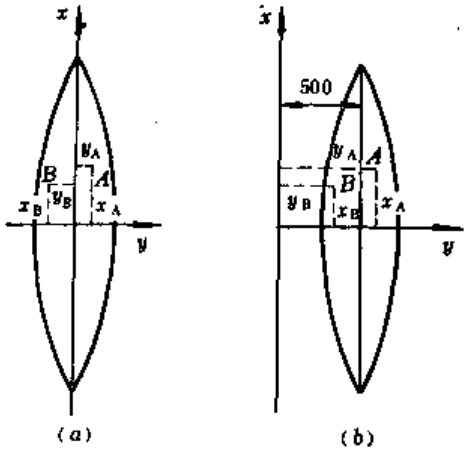


图 1-13 平面直角坐标系

央子午线以东的各点，其横坐标数值都大于500km，位于中央子午线以西的各点，其数值都小于500km，但都是正值，如图1-13 *b* 所示。

另外，为区别不同投影带内点的横坐标值，还应在横坐标值前加注投影带的编号。

〔例1-4〕 在图1-13中，设该投影带为第21投影带，*A*点位于中央子午线以东36km，*B*点位于中央子午线以西42km，则*A*、*B*两点的横坐标分别为：$y_A = 500 + 36 = 536\text{km}$；$y_B = 500 - 42 = 458\text{km}$。再在各横坐标数值前加注这个带的编号，则*A*、*B*两点的横坐标数值分别为

$$y_A = 21536\text{km}$$

$$y_B = 21458\text{km}$$

4）经纬网格和平面直角坐标网格

用高斯投影的方法，每个投影带投影展平后，平面图上便形成投影带的经纬线网格；在同一张纸上，按一定的间隔，作一系列平行于中央子午线和赤道的直线，便构成了平面直角坐标网格。

图1-14为某一投影带的经纬网格和平面直角坐标网格的关系图。图中粗线表示经纬网，细线表示平面直角坐标网。

图1-15为一张1:50000比例尺图的一部分，此图说明了坐标数值的标注方法。纵坐标数值标注在东西图廓线旁，如图中3027是指该坐标线上所有的点，距赤道的垂直距离为

3027km。横坐标数值标注在南北图廓线旁，如图中19276，前面两个数字表示第19投影带，后面三个数字表示该坐标线上各点距起算线276km，也就是说在该投影带中央子午线以西500－276＝224km。经纬线的坐标数值一般标注在图的四个角上。如图中右下角注明了经度线为108°45′，纬度线为27°20′。例如要确定图1-15中M点的位置，用比例尺分别量出$m=0.7$km，$n=0.35$km，则M点的纵坐标为3027.70km，横坐标为19275.35km。

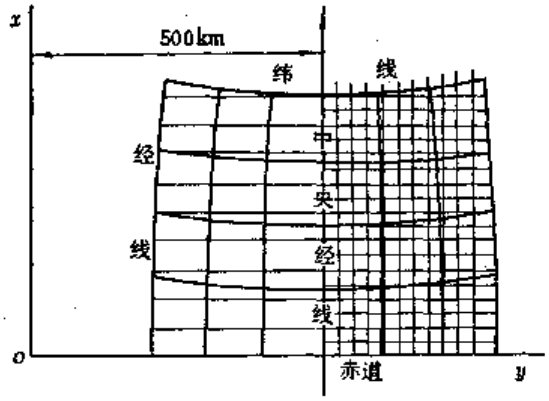


图 1-14　经纬网格和平面直角坐标网格

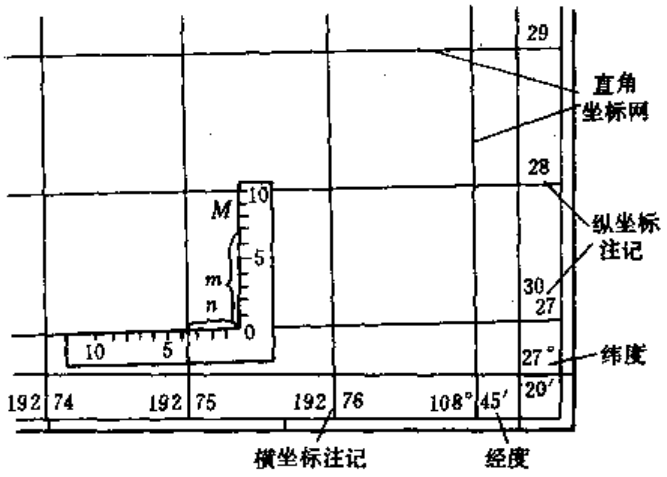


图 1-15　坐标数值注记方法

3．假定平面直角坐标

测绘范围很小且附近没有国家控制点的矿区，可以自设假定平面直角坐标系来测绘矿区内各点的相对位置，如图1-16所示。为了避免坐标出现负值，将坐标原点o设置在测区的西南角，以该地区的子午线为x轴，向北为正值；自坐标原点垂直x轴作直线，即为y轴，这样就构成了这个矿区的假定平面直角坐标系。

二、矿图上点的高低位置

为了确定点的位置，除了用坐标表示点在球面上或平面上的位置外，还要确定点的高低位置。点的高低位置用该点的高程（或标高）表示。

地球的自然表面是不平坦、不规则的，有高山、平原、深谷及海洋等；海洋的底面也是高低起伏，变化多端。由于海洋约占整地球表面的71%，而最高的珠穆朗玛峰高出海水平面只有8848m，最低的马里亚纳海沟低于海面约为11022m，这些高低起伏相对于地球半径6371km来说是很小的。所以，我们可以认为地球总的形状是被海水面所包围的球体。

海洋在静止时的表面，称为水准面。水准面有无数个，其中平均海水面的水准面称为大地水准面。大地水准面的位置，是通过长期观测海水面的高度，取其平均值而确定的。大地水准面是高程的起算面。

由于各海洋的水面高度不同，所以平均海水面也不一样。我国采用青岛验潮站1956年以前的历年观测成果所推算的黄海平均海水面，作为全国高程的起算面，称作1956年黄海高程系统。

地面上一点到大地水准面的垂直距离，称为该点的绝对高程，用H表示。如图1-17所示，A、B点的绝对高程分别为H_A、H_B。

对尚未建立国家统一高程系统的地区或因工作需要，可以选定一个适当的水准面作为高程的起算面，这个水准面称为假定水准面。地面上某点至假定水准面的垂直距离，称为

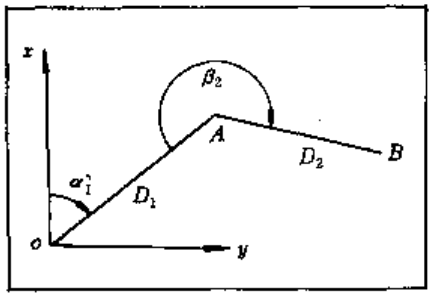


图 1-16　假定平面直角坐标系

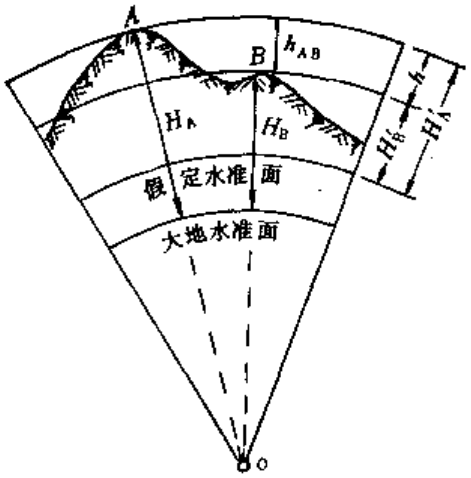


图 1-17　水准面与高程

该点的假定高程，或称相对高程。图1-17中H'_A、H'_B分别为A、B两点的相对高程。

水准面是一个曲面。在矿区测绘中，由于范围较小，一般将水准面视为水平面，以此水平面作为高程的起算面。

绝对高程或相对高程的正负值与起算面有关，在起算面以上的点，其高程数值为正，以下的则为负。

两点间高程的差数称为高差，用h表示。如图1-17中，A、B两点的高差为

$$h_{AB} = H_A - H_B = H'_A - H'_B = h' \tag{1-2}$$

上式说明两点间的高差与起算面的位置无关。

第三节　矿图上直线定向

在矿图测绘中，经常要确定两点间的相对位置。确定两点间的相对位置，不仅需要两点间的水平距离，还需要两点间的直线与指北方向线之间的水平夹角。确定直线与指北线之间的角度的工作，称为直线定向。直线的方向通常用方位角表示。

一、方位角

在平面直角坐标系统中，从坐标纵线的指北方向起，顺时针旋转量至某一直线的水平角度，称为该直线的坐标方位角，简称方位角。如图1-18所示，NS为坐标纵线，ON为指北方向，OM、OK、OH、OP分别为通过O点的四条直线，则α_{OM}、α_{OK}、α_{OH}、α_{OP}分别为四条直线的方位角。方位角的数值从0°～360°。

方位角有正负之分。直线前进方向的方位角称为正方位角，其相反方向的方位角称为负方位角。例如图1-19中，直线AB，点A是起点，点B是终点，由点A到点B为前进方向，通过起点A的指北线与直线AB所夹的方位角，称为直线AB的正方位角，用α_{AB}表示；通过终点B的指北线与直线BA所组成的方位角，称为直线AB的反方位角，用α_{BA}表示。同理，若将直线BA的B点看作是直线的起点，则其正方位角为α_{BA}，反方位角为α_{AB}。由此可知，同一条直线的正反方位角相差180°，即

$$\alpha_{正} = \alpha_{反} \pm 180° \tag{1-3}$$

二、象限角

在实际工作中，有时用象限角表示直线的方向。一直线的象限角是指由坐标纵线的北端

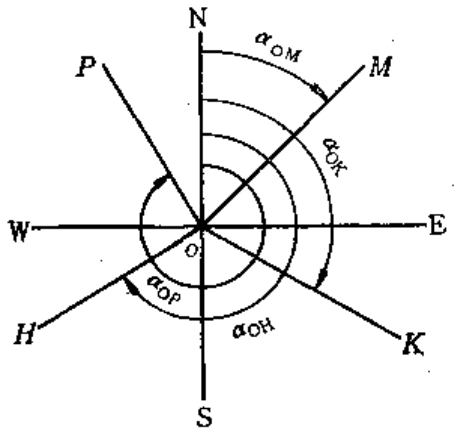


图 1-18　直线方位角

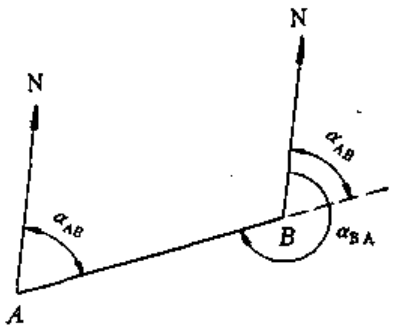


图 1-19　直线正反方位角的关系

或南端，顺时针或逆时针方向计算到该直线的锐角。象限角的数值由0°到90°。如图1-20所示，R_{OA}、R_{OB}、R_{OC}、R_{OD}就是直线OA、OB、OC、OD的象限角。因为象限角的数值都是在0°到90°之间，所以用象限角定向时，除了数值之外，还需要知道它所在象限的名称。第Ⅰ象限为北东方向，第Ⅱ象限为南东方向，第Ⅲ象限为南西方向，第Ⅳ象限为北西方向。于是以上四条直线的象限角，应分别写作北东 R_{OA}、南东R_{OB}、南西R_{OC}、北西R_{OD}。

三、方位角与象限角的换算

由图1-20可以看出直线的方位角和象限角有如表1-2中所列的关系，按此关系可以进行两者的换算。

〔例1-5〕 某直线AB的方位角为120°30′，求该直线的象限角，并绘图说明。

根据已知条件绘出AB线的方位角，如图1-21所示。由图及表1-2可知，AB线为第Ⅱ象限南东方向，其象限角的数值为

$$R_{AB} = 180° - \alpha_{AB} = 180° - 120°30' = 59°30'$$

即AB线的象限角为南东59°30′。

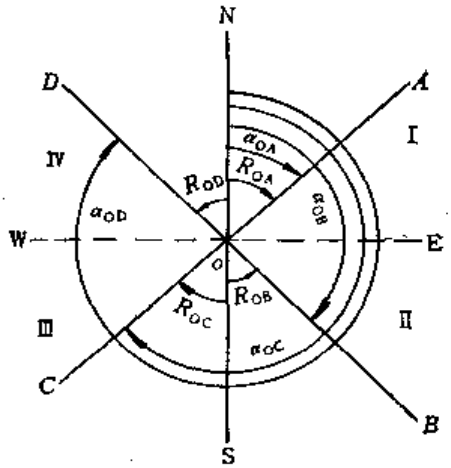


图 1-20　方位角与象限角的关系

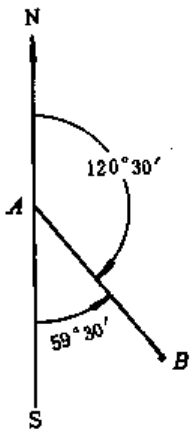


图 1-21　已知方位角求象限角

表 1-2 方位角与象限角换算关系

象限名称		角度区间（°）	方位角求象限角	象限角求方位角
Ⅰ	北东（NE）	0～90	$R_{OA}=\alpha_{OA}$	$\alpha_{OA}=R_{OA}$
Ⅱ	南东（SE）	90～180	$R_{OB}=180^\circ-\alpha_{OB}$	$\alpha_{OB}=180^\circ-R_{OB}$
Ⅲ	南西（SW）	180～270	$R_{OC}=\alpha_{OC}-180^\circ$	$\alpha_{OC}=180^\circ+R_{OC}$
Ⅳ	北西（NW）	270～360	$R_{OD}=360^\circ-\alpha_{OD}$	$\alpha_{OD}=360^\circ-R_{OD}$

第四节 矿图的分幅及编号

为了便于矿图的测绘、使用和保管，需要将矿图进行分幅，并将分幅的图纸进行有系统的编号。

一、正方形分幅与编号

对1:5000～1:500的大比例尺矿图，一般采用正方形分幅与编号的方法。

正方形分幅是以纵横坐标的整公里数或整百米数作为图幅的分界线，图廓成正方形。如图1-22所示，以1:5000的图为基础划分，一幅1:5000的图可分为四幅1:2000的图；一幅1:2000的图可分为四幅1:1000的图；一幅1:1000的图可分为四幅1:500的图。

各种比例尺图幅的大小及每幅图廓西南角角点的坐标见表1-3。

表 1-3 正方形分幅的图廓规格

测图比例尺	图廓大小 cm^2	实地面积 km^2	一幅1:5000地形图中所含的图幅数	图廓西南角点的坐标 m
1:5000	40×40	4	1	2000的整倍数
1:2000	50×50	1	4	1000的整倍数
1:1000	50×50	0.25	16	500的整倍数
1:500	50×50	0.0625	64	250的整倍数

采用正方形分幅时，图幅可按下列方法编号：

比例尺为1:5000的图的编号由图幅所在投影带中央子午线的经度和图幅西南角点的坐标（以km为单位）组成。例如一幅1:5000图的编号为117°—4426—548，表示该图幅所在投影带的中央午子午线经度是117°，图廓西南角点的 x 坐标为4426km，y 坐标为548km。

1:2000至1:500图的编号，可以1:5000的图为基础进行，即由1:5000图的编号分别附加1:2000、1:1000、1:500图的序号组成。例如117°—4426—548—甲为比例尺1:2000图的编号；117°—4426—548—16为比例1:1000图的编号；117°—4426—548—（5）为比例尺1:500图的编号，如图1-23中斜线所示。

以上所述正方形图幅的划分及编号，多用于地形图的原图。图1-24为一幅1:500比例尺的某矿工业广场平面图的标准图幅格式。

二、自由分幅

各种反映井下采掘工程进展情况的矿图，除采用正方形分幅外，目前多数矿井采用自由分幅的方法来划分图幅。在确定自由分幅的幅面大小和格网方向时，应遵循下列原则：

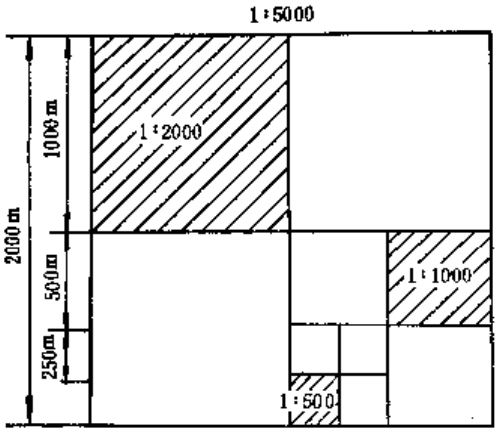


图 1-22　各种比例尺图幅之间的关系

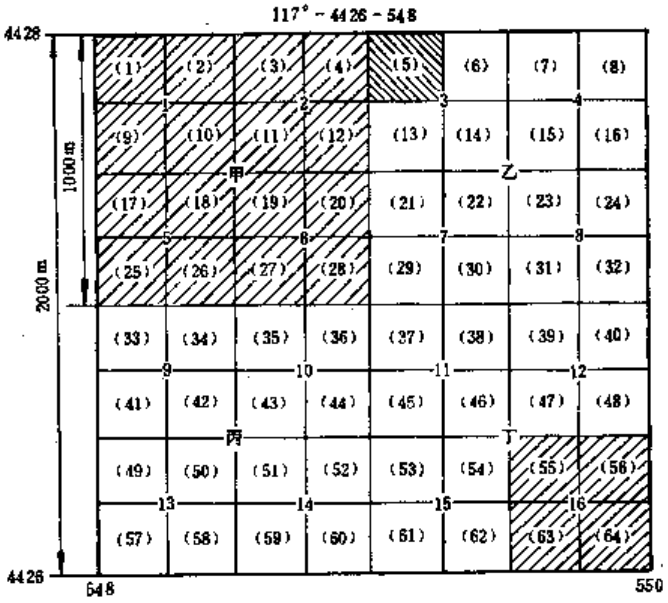


图 1-23　在1:5000图上其他图幅的位置

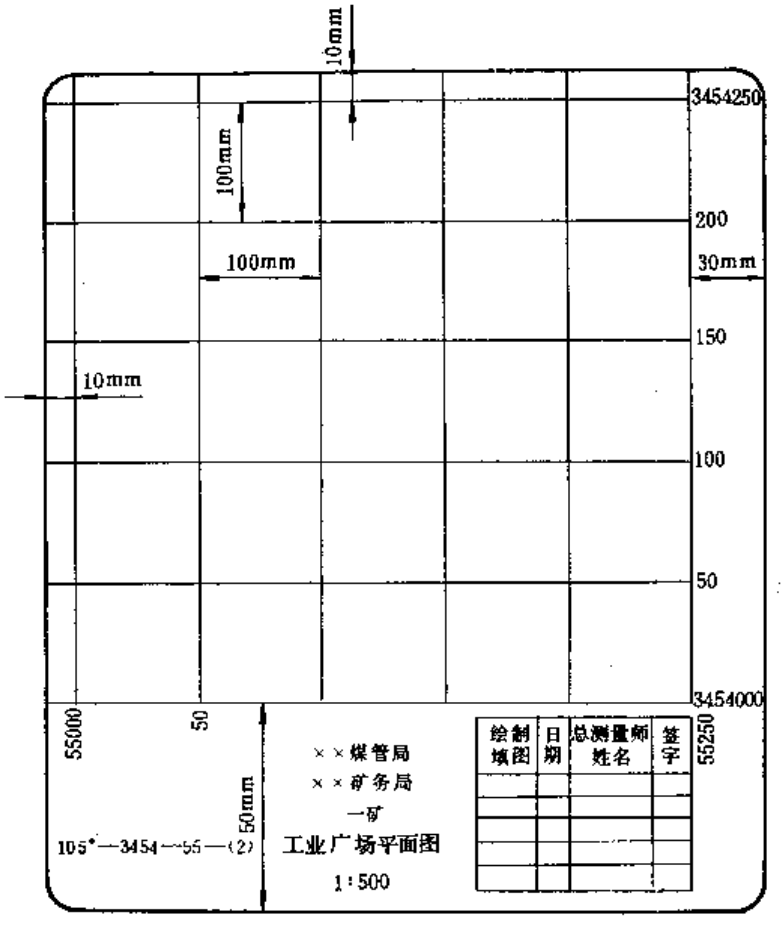


图 1-24　标准图幅格式

（1）要便于矿图的绘制、使用和保存。

（2）幅面大小视井田和采区的范围而定。井田范围不大的矿井，可以全井田或井田一翼为一幅，井田范围很大的大型矿井，可按采区分幅。

（3）坐标格网线可以平行于图边，也可与图边斜交。交角视煤层走向和倾向而定，以使图面上的煤层走向大致平行于上下图边，煤层倾向指向下图边。

（4）在同一矿井中，矿图的图幅大小应尽量一致。

自由分幅的矿图，一般不统一编号，而是在规定的图签中加注图名，以便于查找和使用。

第五节　矿图方格网和高程线的绘制

为了保证绘制出的矿图能达到一定的精度要求，必须首先使绘制在平面图上的坐标方格网和剖面图中的高程线达到一定的精度要求。现将具体绘制方法介绍如下。

一、平面图上坐标方格网的绘制

平面图上坐标方格网为正交的正方形格网。每个方格的边长一般规定为100mm。其精度要求规定为：每个方格边长的误差不得超过0.2mm，各方格的顶点应在一条直线上，方格对角线长度应等于$100\sqrt{2}$mm。

绘制方格网的方法很多，现介绍几种常用的方法。

（一）对角线法

具体作法见图1-25，步骤如下：

（1）在正方形或长方形图纸上，先绘出两条对角线AC和BD。

（2）以交点O为圆心，以适当长度为半径，用杠规在对角线上截取等长的线段OA、OB、OC、OD，并将AB、BC、CD、DA连接起来即得一矩形$ABCD$。

（3）截取AB、BC、CD、DA各边的中点E、F、G、H，并连接EG、FH，检查其交点是否通过中心O，若不通过，需要重新绘制。

（4）在矩形各边上，以100mm长度的距离，用卡规截取各点，联结相应各点，即得坐标方格网。

（5）按上述精度要求检查坐标方格网是否合乎要求。

（二）弧度法

具体作法见图1-26，步骤如下：

（1）在正方形或长方形的图纸上，距下底边50mm处画一直线，由距左纸边10mm处起始，沿直线量取500mm得AB直线，如图1-26a所示。

（2）以A点为圆心，以AB为半径向上画弧得$\overset{\frown}{BF}$，再以B点为圆心，以BA长为半径向上画弧得$\overset{\frown}{AG}$；BF和AG相交得交点O，如图1-26b所示。

（3）作OA平分线得E点。

（4）以O点为圆心，以OE为半径画弧，分别与$\overset{\frown}{AG}$、$\overset{\frown}{BF}$相交得交点C、D。

（5）连接A、B、C、D点，得出500mm×500mm的正方形图框，如图1-26c所示。

（6）在正方形四边每隔100mm截取一点，连接相应各点即得坐标方格网，如图1-26d所示。

（三）自由分幅矿图的方格网绘制方法

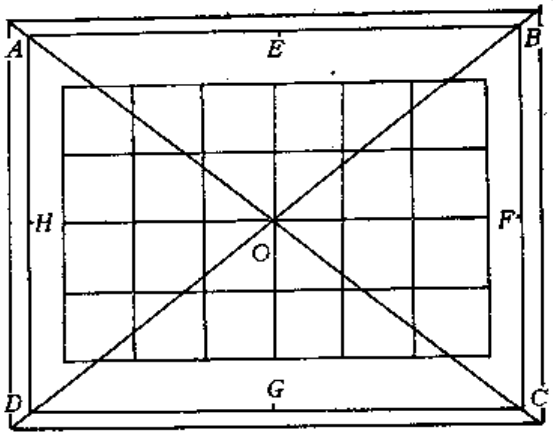


图 1-25　对角线法绘制坐标方格网

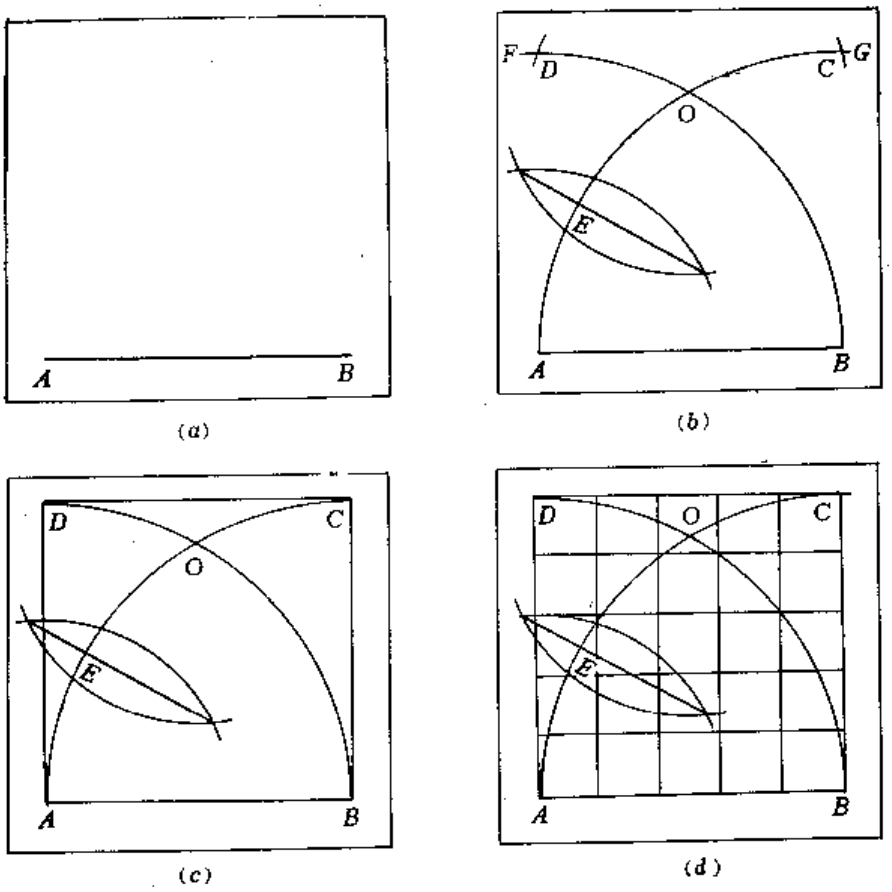


图 1-26　弧度法绘制坐标方格网

自由分幅的矿图，一般幅面较大，格网线常与图廓线斜交，此时绘制方格网的方法步骤如下：

（1）首先按图幅大小，绘出长方形图廓线。

（2）根据图面内容，在图幅内的适当处画一条长直线作为格网的基准线，如图1-27中的AB。该线与图廓边线的交角视煤层的走向与倾向而定。

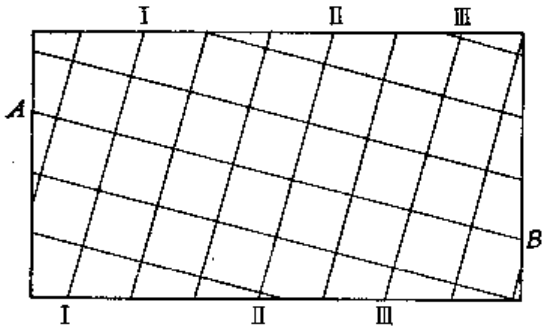


图 1-27　自由分幅方格网的绘制

（3）在基准线上，每100mm截取一点，并每隔一些截取点作基准线的垂线（即控制线，如图中的Ⅰ—Ⅰ、Ⅱ—Ⅱ、Ⅲ—Ⅲ直线）。

（4）在所作的几条垂线上，由基准线开始，每100mm截取一点，并分别连接距基准线等距离的各截取点，画出平行于基准线的格网线。

（5）在平行于基准线的各格网线上，由同一条控制线开始，每100mm截取一点，连接等距点，画出垂直于基准线的格网线。

二、剖面图中高程线的绘制

剖面图中的高程线是一组等间距的平行线，其间距大小取决于图纸的比例尺。每条高程线要求平直，各高程线必须相互平行，其间距误差不能超过0.2mm。可按照以下方法绘制：

1）画基线　在选择好的图纸上，根据剖面图图面布置，在适当地方画一根直线作为基线，如图1-28a中的AA''。要求基线必须画直。

2）作基线的垂线　在基线的中部和两端分别作垂直线，如图1-28a中的AD、$A'D'$、$A''D''$。若剖面很长，可多选几个点作垂线。垂直线可运用平面几何的原理用圆规来画（图1-28b所示方法），亦可采用经校正的三角板来画。

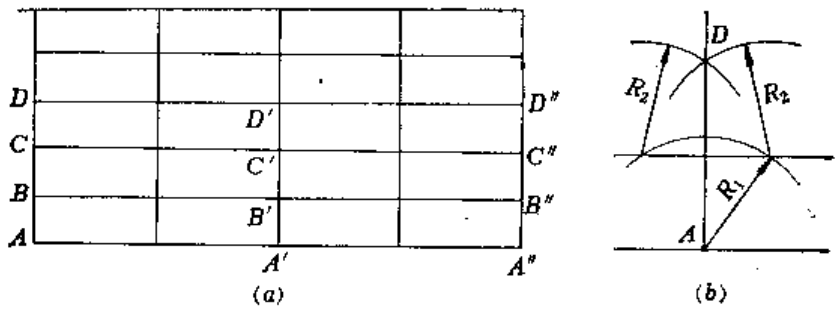


图 1-28　剖面图中高程线的绘制

3）在垂直线上截高程点　用比例尺或分规分别在各垂直线上，以A、A'、A''为起点，按高程网的间距向上截取各高程点B、C、D和B'、C'、D'等，使AD线上的AB、BC、CD，$A'D'$线上的$A'B'$、$B'C'$、$C'D'$等都等于高程线的间距。

4）联高程线　用丁字尺或钢板尺连接B、B'、B''和C、C'、C''等，连接时必须使B、B'、B''及C、C'、C''三点在一条直线上，否则应重新绘制。

5）检查高程线的精度　联高程线后，用比例尺按前面提出的精度要求逐段进行检查，满足要求后擦去AD、$A'D'$、$A''D''$等垂直线。

第六节 矿 图 符 号

在矿图上，地面上的地物、地貌，井下的各种巷道、硐室，矿床埋藏状况、岩石性质及各种地质构造等等，都是以其相似的几何图形或统一规定的符号来表示的。识读、绘制和应用矿图，必须了解有关矿图符号的知识，熟悉那些统一规定的矿图符号。为此，在书后的附录中，列举了一些常用的矿图符号及其说明，以供读者识读和绘制矿图时参考。其中包括：常用地物、地貌符号，煤矿测量图常用符号，煤矿地质图常用符号，地层岩石常用符号和采煤方法图常用符号。

思 考 练 习 题

1．地面上量得某线段水平长度为260m，把它绘在1:500、1:1000、1:2000、1:5000的图上，在图上的长度各是多少？

2．在1:2000的平面图上，量得某水平巷道为162mm，该巷道实际长度是多少？

3．在某平面图上能度量出的最大精度为0.2m，问此矿图的比例尺是多少？在地面上量得某水平线段长为216.7m，问选用多大的比例尺（最小的），才能将此线段在图上表示出来？

4．在一倾角为60°的山坡上，量得沿倾斜方向的线段AB的长度为840m，试问此线段绘在1:2000的平面图上后其长度是多少？

5．在某平面图上量得线段AB的长度为40mm，已知此线段实际水平长为20m，问该图比例尺是多少？

6．图1-29为一回采工作面的平面图，比例尺为1:5000，试将其中各部分的实际水平长度填入图中，然后在另一张图纸上将该图绘成1:2000的平面图，并在相应的地方填上实际水平长度。

7．解释下列各名词。

子午线、首子午线、中央子午线；经线、纬线、经度、纬度；纵坐标、横坐标；水准面、水平面；高程、标高、绝对高程、相对高程、高差；方位角、象限角。

8．如图1-30所示，已知AB直线的方位角为65°，$\beta_1=147°50'$，$\beta_2=153°20'$，求BC、CD直线的方位角及AB、BC、CD直线的象限角。

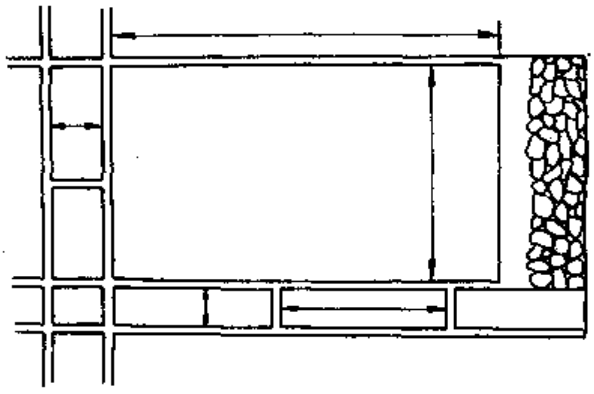


图 1-29 回采工作面平面图

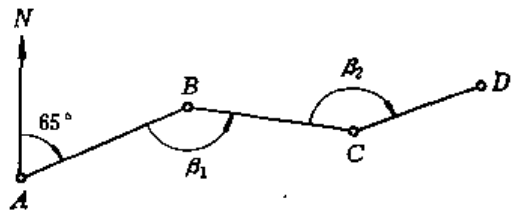


图 1-30 求直线的方位角及象限角

9．在建立平面直角坐标系统中，为什么要将地球表面按经度的6°或3°划分投影带？平面直角坐标的纵横坐标轴线是怎样确定的？

10．试举例并绘图说明方位角与象限角的关系。

11．某图幅编号为105°—4238—446—12，其中各个数值代表什么？该图在第几个6°带？该图西南角坐标原点在该带中央子午线的哪一侧？该图比例尺是多少？该标准图幅的面积是多少？

第二章　投影基本知识

各种工程图都是依据一定的投影原理和方法绘制的。因此，了解矿图中应用的投影基本知识，对于我们绘制和识读矿图具有重要意义。

绘制矿图时广泛地采用标高投影的原理和方法。有时为了直观地表示采掘工程空间位置的立体关系，也应用轴测投影的方法。本章主要介绍正投影、标高投影及轴测投影的基本知识，为学习、绘制和识读矿图打下一定的理论基础。

第一节　投　影　概　述

一、投影现象

将一块三角板放在灯光下照射，下面就出现了三角板的阴影，此阴影称为三角板的投影，如图2-1所示。

一般说来，投影现象是由投影物体、投影线和投影面三个条件形成的。图中三角板称为投影物体，地面称为投影面，灯光的光线称为投影线。

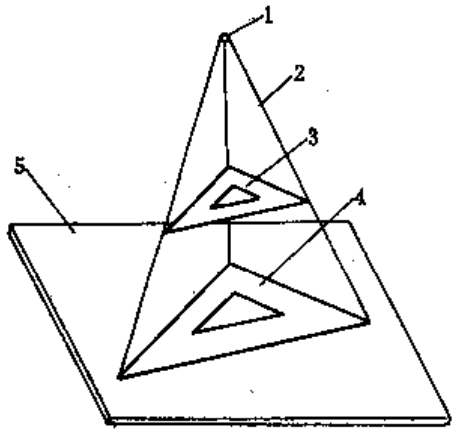


图 2-1　投影现象

1—投影中心；2—投影线；3—物体；4—投影；5—投影面

二、投影方法

根据投影线是否相互平行，投影方法分为中心投影法和平行投影法两种。

（一）中心投影法

图2-1所示的投影方法称为中心投影法，用中心投影法绘制的投影称中心投影。

中心投影的特征是：投影线都是从投影中心发出，彼此不平行；投影线与投影面斜交；在一定条件下，投影的大小随投影中心距物体的远近或者物体离投影面的远近而变化；投影的形状随物体与投影面的倾斜关系而不同。

中心投影能形成一个与物体相同的直观图形，适合人的感觉，立体感强。在日常生活中，照相、放映幻灯、电影等，就是应用这种原理。但这种投影不能满足工程技术所需的度量要求，因而在工程图上应用较少。

（二）平行投影法

如果将光源移到无穷远处（如太阳光），投影线可以看作是彼此平行的。用这种相互平行的投影线，在投影平面上形成物体投影的方法，称为平行投影法。用平行投影法绘制物体的投影称为平行投影，如图2-2所示。

由于投影线与投影面所夹的角度的不同，平行投影法又分为斜投影法（图2-2*a*）和正投影法（图2-2*b*）两种。

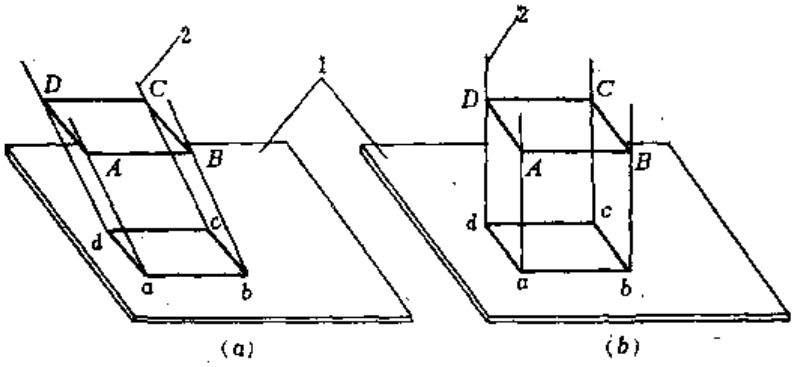


图 2-2 平行投影

1—投影面；2—投影线

1）斜投影法 当投影线方向斜交于投影面时，称斜投影法。

2）正投影法 当投影线方向垂直于投影面时，称正投影法。

用平行投影法所得到的物体的投影，其大小与物体距投影面的远近无关；其形状随物体与投影面的倾斜位置而变化。

第二节 正 投 影

所谓正投影，是应用投影线彼此平行且垂直于投影面的投影方法所得到的物体的投影。这种投影，能真实地反映物体的形状和大小，便于绘制，能满足工程技术的要求，因而在工程图中得到了广泛的应用。

现以一平面三角形的正投影为例，进一步说明正投影的性质。如果将平面三角形平行于投影面放置，其投影反映了该三角形的真实形状和大小，如图2-3*a*所示；如果将平面三角形倾斜于投影面放置，其投影的形状和大小随倾斜角度的不同而变化，如图2-3*b*所示；如果将平面三角形垂直于投影面放置，则其投影就成一条直线，如图2-3*c*所示。

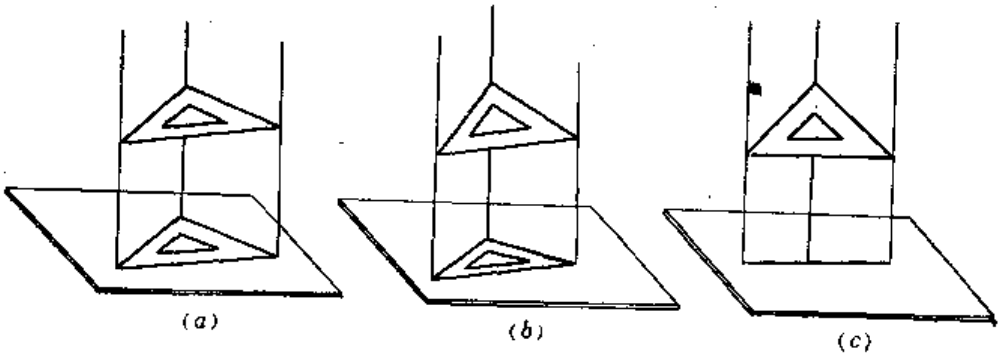


图 2-3 平面正投影的性质

由此可知，假如物体为一平面，不管这个平面的几何形状如何，用正投影法进行投影，都具有以下性质：

（1）物体平面平行于投影面，其投影图形反映平面物体的真实形状和大小；

（2）物体平面倾斜于投影面，其投影图形的形状和大小随物体平面与投影面的倾斜

角度而变化；

（3）物体平面垂直于投影面，其投影为一条直线。

在工程制图中，为全面反映物体的形状和大小，一般采用三个相互垂直的平面作为投影面，投影物体的各主要线面，分别向三个投影面上作正投影，得到物体的三个投影图形，这种投影方法称为三面投影法。

现将图2-4*a*所示的图柜放在三个投影面的体系中，使它的三个基本平面分别与V、H W面平行，依次向各投影面作正投影，得到它的三面投影图，如图2-4*b*所示。

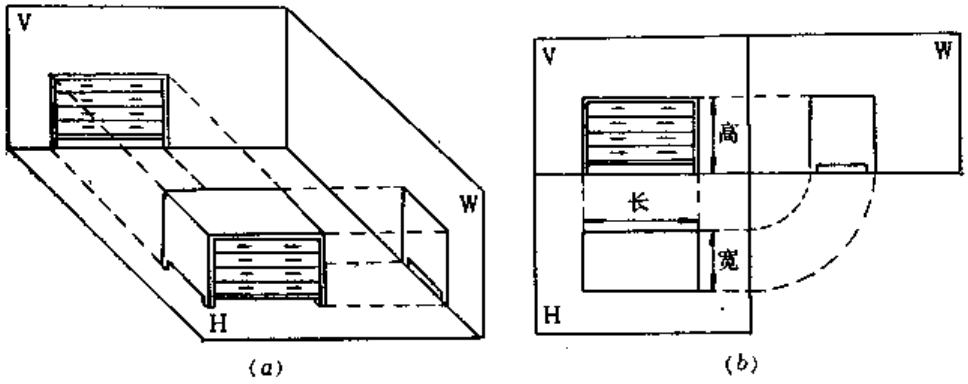


图 2-4 图柜的三视图

物体在正立投影面V上的投影图称为正视图，又称立面投影图，即从正面看到的形象；物体在水平投影面H上的投影图称为俯视图，又称平面图，即从上向下所见到的形象；物体在侧立投影面W上的投影图称为侧视图，即从侧面看到的形象。这三个投影图反映了该物体的真实形状和大小。

从图2-4*b*中可以看出，三视图中的每一个图反映物体两个方向的大小，即：

正视图反映物体的高度和长度；俯视图反映物体的长度和宽度；侧视图反映物体的高度和宽度。三个投影图都是从同一物体作正投影得到的，所以它们之间有以下对应关系：正视图与侧视图高度相等；正视图与俯视图长度相等；侧视图与俯视图宽度相等。

需要用几个投影面进行投影，要以投影图形能否全面反映物体的真实形状和大小为原则。机械制图经常选用三面投影。矿图一般只选用一个投影面，如地形图、缓倾斜煤层采掘工程平面图（参看图5-11）；有的需要用两个投影面，如急倾斜煤层采掘工程图（参看图5-25）；有的由于工程的需要，将投影面与岩层层面平行放置，这样绘制成的矿图称为层面图（参看图5-29）。

第三节 标 高 投 影

采用水平面作为投影面，将空间物体上各特征点垂直投影于该水平面上，以确定各点的平面位置，然后将物体各点的高程（又称标高）注于各点投影的旁边，用于说明各点高于或低于零水平面的数值。这种投影称为标高投影。

标高投影也是一种正投影。矿图就是运用标高投影的方法绘制的。

物体的外形轮廓都是由点、线、面构成的。如立井井筒中心、巷道的特征点等，可以看作是一个点；地面的道路、井下的巷道，可以看作是线；煤层的顶板、底板、断层层面

等，可以看作是面。因此，熟悉和掌握了点、线、面标高投影的基本特点，识读和绘制矿图就不困难了。下面着重介绍点、线、面标高投影的基本知识。

一、点的标高投影

自空间一点向零水平面（投影面）作垂线，在垂足处注明该点的标高（即该点至投影面的垂直距离）。投影面上这个垂足及其标高就是该点的标高投影。点在零水平面以上时，其标高为正数，以下时为负数。如图2-5*a*所示，*H*平面为零水平面，空间*A*点的高程为60m，*B*点的高程为－56m，*A*、*B*两点在水平面*H*上的投影分别为a_{60}、b_{-56}（见图2-5*b*）。

点的标高投影的作图方法与确定点位的方法有关，如图2-6*b*所示。首先确定投影面，画出坐标系，然后根据*A*、*B*两点的*x*、*y*坐标值定出两点的平面位置，并在两点的投影*a*、*b*旁边注明点的标高。

〔例2-1〕 *A*、*B*、*C*三点的高程分别为15、－12、20，三点的坐标$x_A=4$、$y_A=1$；$x_B=3$、$y_B=3$；$x_C=1$、$y_C=2$。图2-6就是根据以上条件绘出的*A*、*B*、*C*三点的标高投影图。

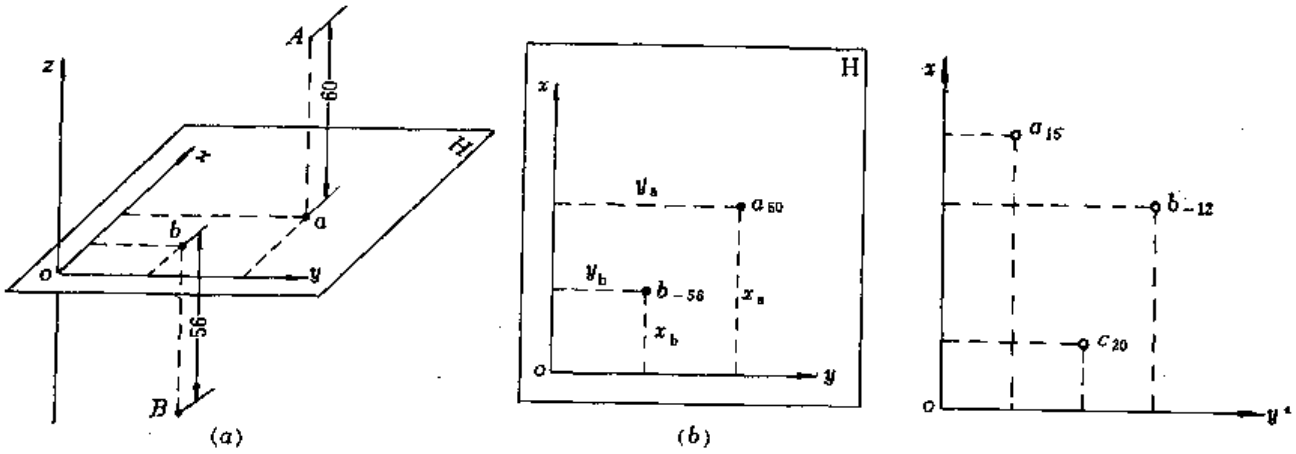


图 2-5 点的标高投影

图 2-6 点的标高投影图

二、直线的标高投影

（一）直线标高投影方法及作图方法

直线的标高投影就是该直线两端点标高投影的连线。图2-7*a*为空间直线标高投影的示意图，直线*AB*两端点的标高分别为10及4，两点在水平面*H*上的标高投影分别为a_{10}、b_4，连接a_{10}、b_4，则直线$a_{10}b_4$即为直线*AB*的标高投影。

直线标高投影的作图方法如图2-8*b*所示，首先按照点的标高投影作图法绘出*A*、*B*两点的标高投影a_{10}、b_4，再连接两个投影点，则直线$a_{10}b_4$为直线的标高投影。

若直线为竖直线，如图2-8*a*所示，则此直线的标高投影为一个点，即该直线两端点在水平面*H*上的投影重合在一起了。图2-9*b*为此竖直线的标高投影图。

若直线平行于投影面，则此直线的标高投影的长度与直线实长相等，图2-9*a*为投影示意图，图2-9*b*为标高投影图。

（二）直线要素及其相互关系

直线的实际长度称为直线的实长，以*L*表示；

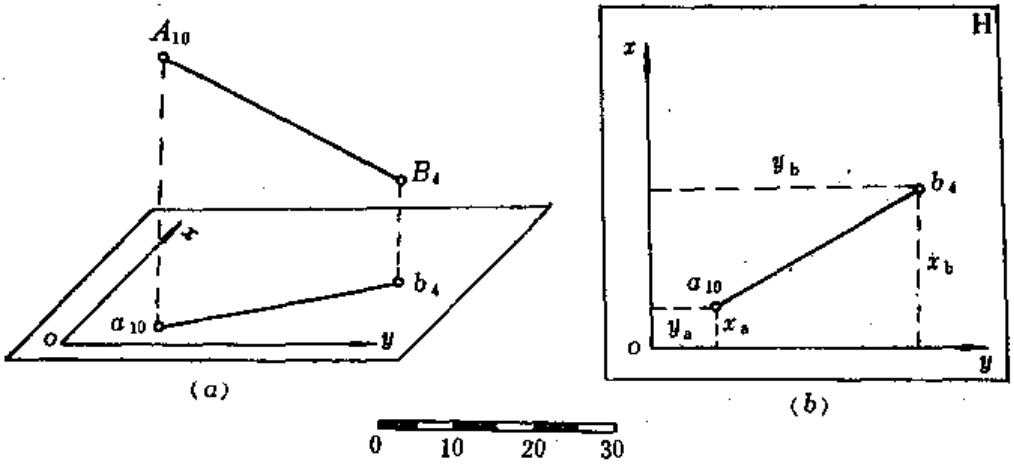


图 2-7　直线的标高投影

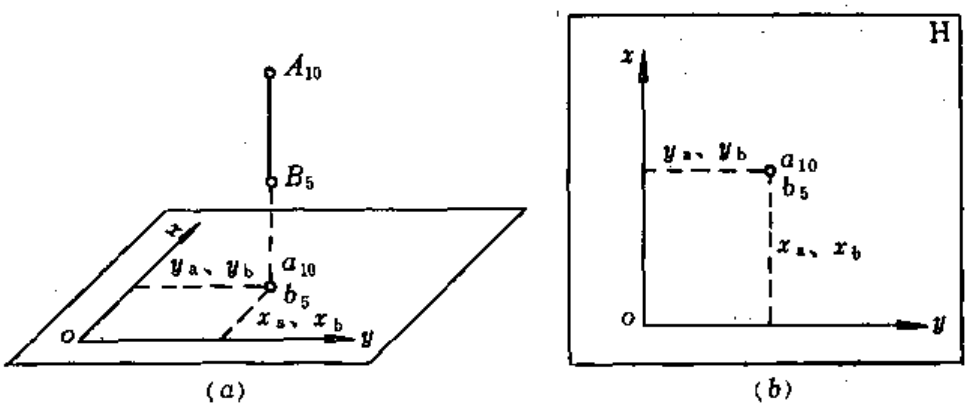


图 2-8　竖直线的标高投影

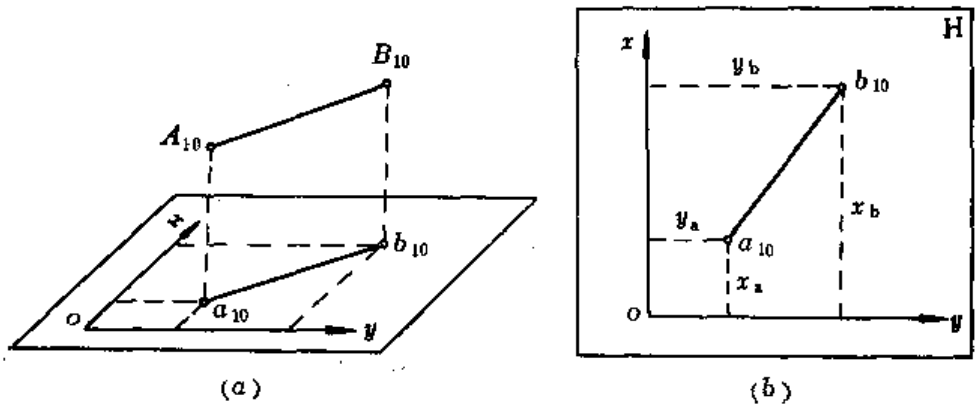


图 2-9　水平线标高投影图

直线在水平面上投影的长度称为直线的水平长度，亦称平距，以D表示；

直线和水平面的夹角（最小的角）称为直线的倾角，以δ表示；

空间直线两端点的高程差称为直线的高差，以h表示；

空间直线的高差与平距之比称为直线的斜率，亦称坡度，以i表示。

以上各要素之间的关系可由图2-10和以下各公式表示：

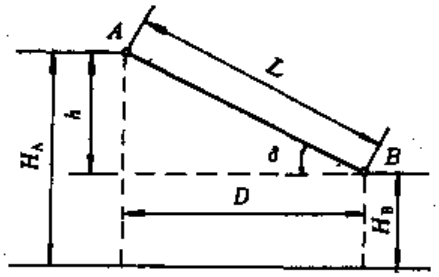


图 2-10 直线各要素间关系

$$h = H_A - H_B \tag{2-1}$$

式中 H_A、H_B——A、B两点的高程。

$$L = \sqrt{D^2 + h^2} \tag{2-2}$$

$$i = \frac{h}{D} \quad (‰) \tag{2-3}$$

$$\delta = \text{arc tg}\frac{h}{D} \tag{2-4}$$

根据以上关系，在直线标高投影图上，只要确定一些要素后，就能求出另外一些要素的尺寸。如图2-7b，用比例尺量出直线的水平长度为30，A、B两点的标高分别为10、4。由此可知直线两端点的高差为

$$h = 10 - 4 = 6$$

直线的实长为

$$L = \sqrt{30^2 + 6^2} = 30.59$$

直线的坡度为

$$i = \frac{6}{30} = 0.2 = 20\%$$

直线的倾角为

$$\delta = \text{arc tg}\frac{6}{30} = 11°18'$$

（三）直线投影的标高内插

在一段直线的标高投影上，求出高程为整数的各点投影的位置，称为标高内插。在绘制、识读和应用矿图时，经常用到标高内插。常用的方法有解析法、剖面法和平行线法等，现举例说明如下：

在图2-11a中，直线AB的标高投影为$a_{63}b_{26}$，两端高程分别为63m与26m，投影的水平长度为90m，试求出直线标高投影上高程为10m的整倍数各点的位置。

1．解析法

1）首先求出每米高差的平距d_1

$$d_1 = \frac{D}{h} = \frac{90}{63 - 26} = 2.43\text{m}$$

2）找出第一个整倍数点的位置 显然，投影上第一个整倍数点的标高应为60m，这

个投影点距a_{63}点的水平长度应为 $(63-60)\times d_1=3\times 2.43\approx 7.3$m。在直线投影上自点$a_{63}$按比例尺量取7.3m所得到的点，即得标高为60m的投影点。

3）求其他各整倍数点的位置　高差10m对应的水平长度为$10\times d_1=10\times 2.43=24.3$m，从60m的投影点开始，按比例尺依次量取24.3m，所得节点即标高为50m、40m、30m的各投影点的位置，如图2-11*a*所示。

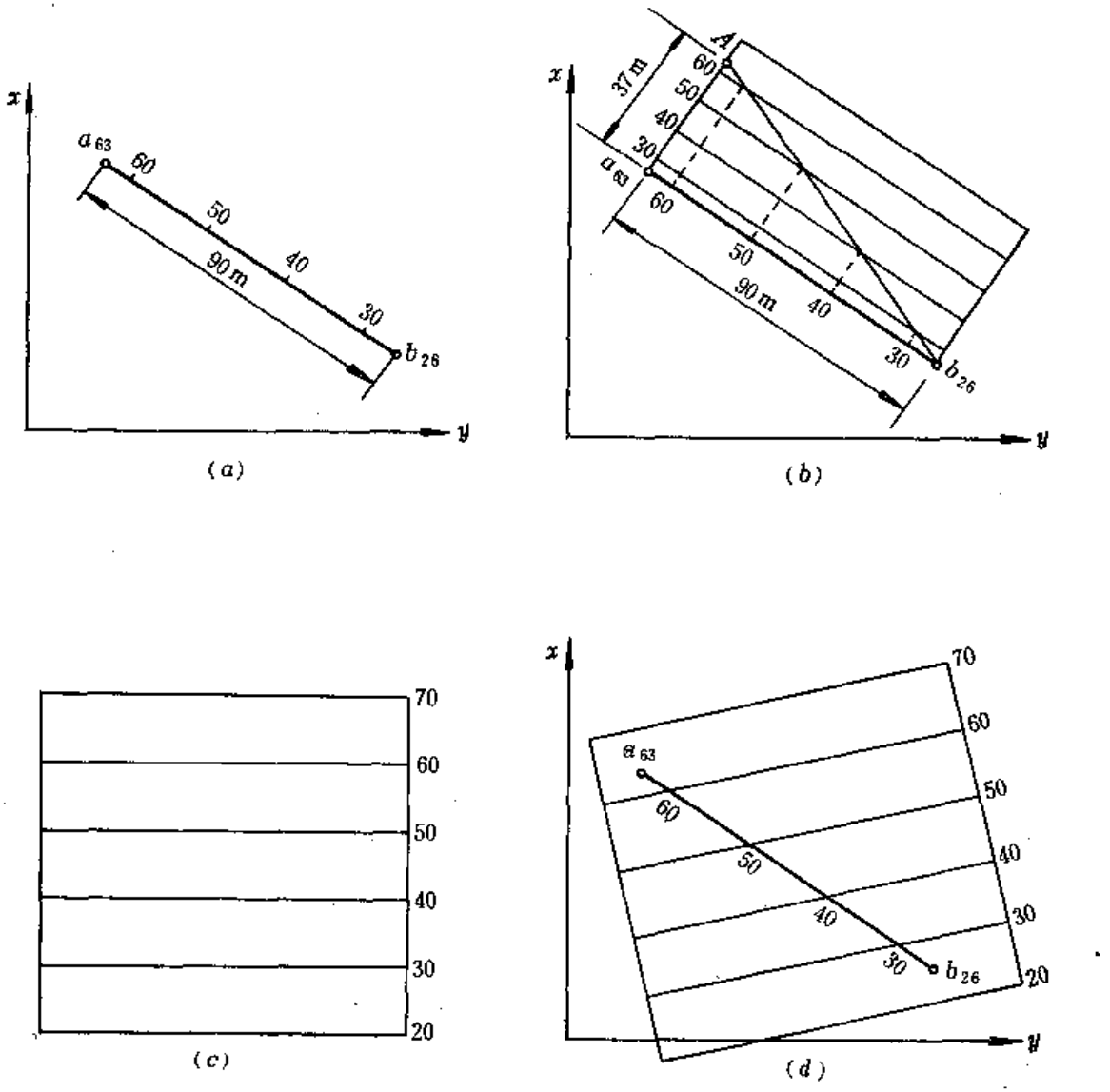


图 2-11　直线投影标高内插法

2．剖面法

如图2-11*b*所示，用剖面法找出标高为10m整倍数的各投影点的位置。作法如下：

（1）作Aa_{63}线的垂直线$a_{63}b_{26}$，设Aa_{63}的高度为$63-26=37$m；

（2）在Aa_{63}线段上，按比例尺找出高程为30m、40m、50m、60m和63m的各点，其中高程为63m的一点即A点；

（3）过Aa_{63}各分节点作平行线与$a_{63}b_{26}$平行，连接Ab_{26}两点；

（4）将Ab_{26}线与各平行线的交点分别投影到$a_{63}b_{26}$线上，即得到标高为30m、40m、50m、60m的各投影点。

3．平行线法

图2-11*c*、*d*表示了用平行线法找出标高为10m整倍数各投影点位置的方法：

（1）首先在一张透明纸上作间隔相等的一组平行线，注明各线的高程，如图2-12*c*所示。

（2）将此透明纸蒙在投影线$a_{63}b_{28}$上，旋转透明纸使a_{63}与b_{28}两点位于平行线组相应高程线上，则平行线和投影线的各交点，即为所求各投影点的位置，如图2-11*d*所示。

（四）空间两直线的相互位置

井下巷道的相互位置关系，可以看作是空间直线的相互位置关系，因此，根据空间直线的投影判断空间直线的相互位置关系，对于识别巷道的相互位置是重要的。

空间两直线的相互位置关系有平行、相交和交错三种情况。

1．两直线平行

若空间两直线的投影彼此平行、倾斜方向一致、且倾角相等，则空间两直线彼此平行。

图2-12*a*是空间两平行直线的投影示意图，由图可以看出，空间两平行直线的投影仍旧是平行直线，倾斜方向一致，倾角也相同。

图2-12*b*中表示了空间两平行直线的标高投影a_4b_{11}、c_3d_{10}仍旧是平行的，且倾向一致，两直线端点的高差相等（都是7），投影长度也相等，因而两直线倾角也必相等。由此可以判定空间两直线是平行的。

图2-12*c*是巷道平面图。根据以上原则可以看出，两水平间的一对上山是彼此平行的，而且上平巷和下平巷也是彼此平行的。

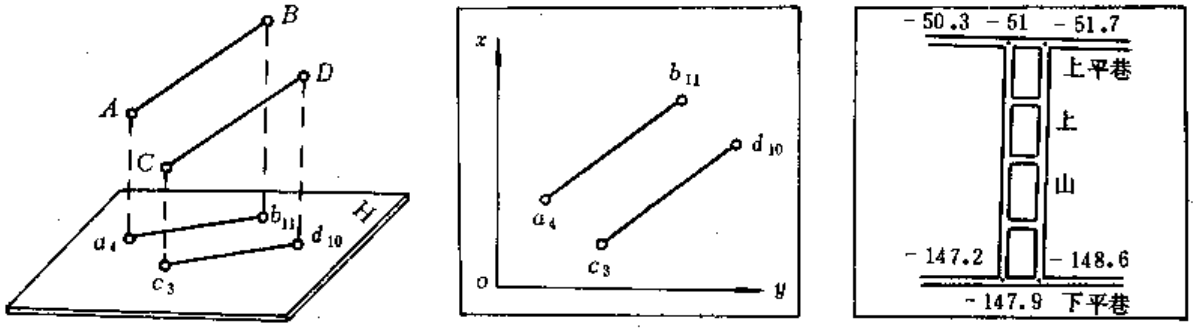


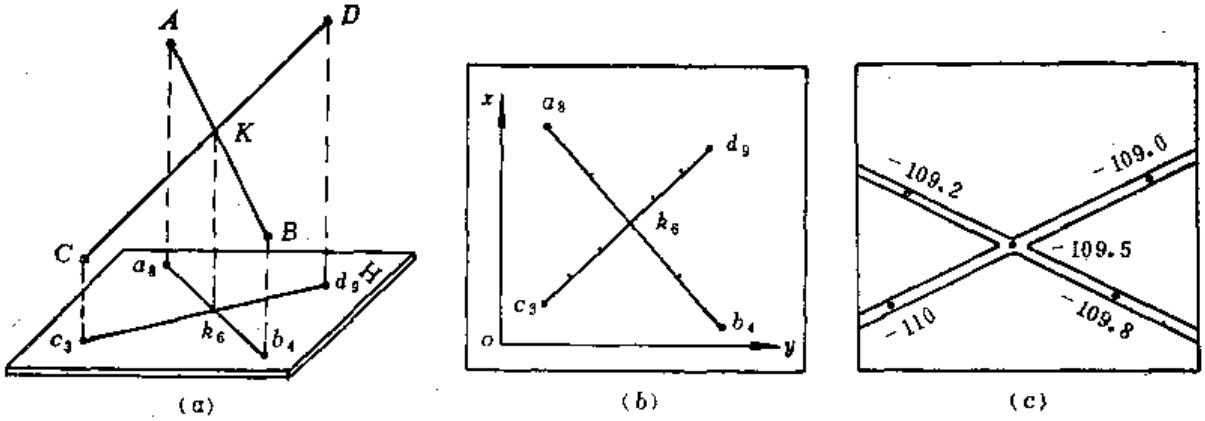
图 2-12　空间两平行直线的投影

2．两直线相交

图2-13*a*是空间两相交直线的投影示意图。显然，空间两直线相交，其投影也必相交；空间两直线的交点只有一个高程值，因此两直线投影交点处的高程值应相等。

图2-13*b*为空间两相交直线的标高投影图。图中空间两直线的投影a_8b_4和c_3d_9相交于K，作线段标高内插，K点的标高在a_8b_4线段上为6，在c_3d_9线段上也是6，因此可以判定，空间两直线是相交的。

图2-13*c*是两条巷道的投影图，两巷交点的标高都是－109.5，因此，两条巷道是相交的。



(a) (b) (c)

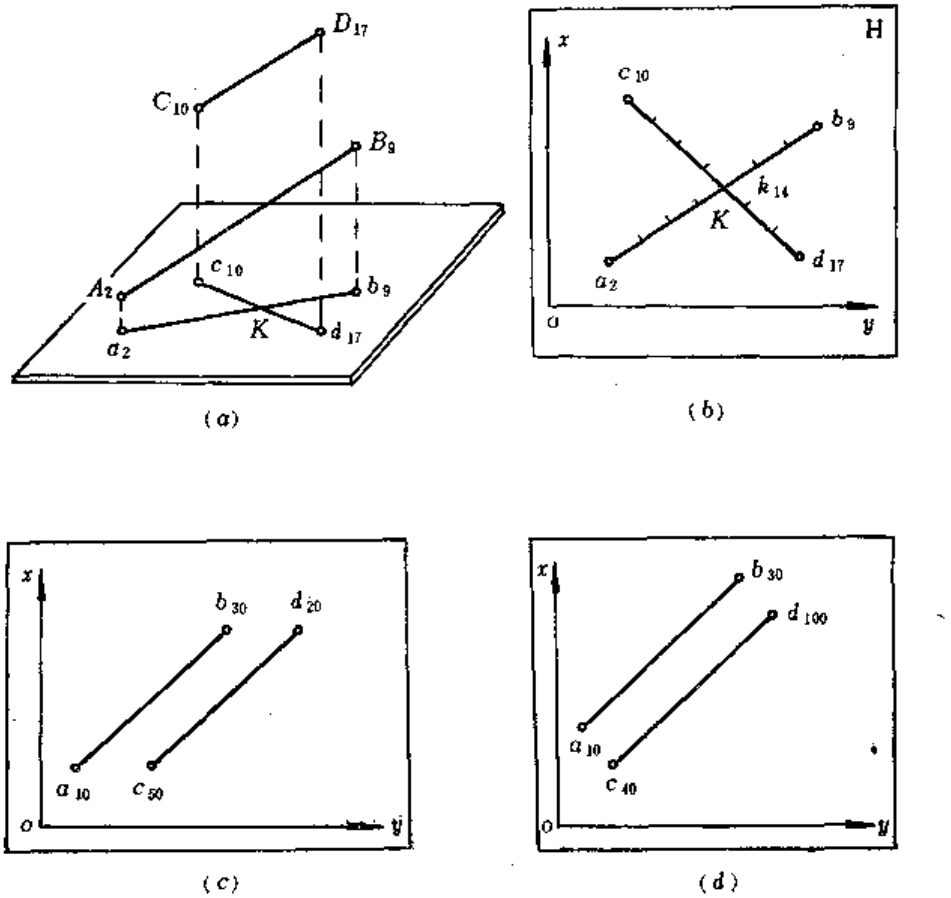
图 2-13 空间两相交直线的投影

3. 空间两直线交错

若空间两直线的投影相交，且交点处的高程值不等，则空间两直线不是相交，而是交错。

图2-14*a*表示空间交错的两直线投影的示意图，它们的投影相交，但交点的高程值不相等。

图2-14*b*为空间两直线的标高投影图。两条投影线相交于K，进行线段标高内插，求得交点K的高程，在a_2b_9线上K为 6，在$c_{10}d_{17}$线上K为14，显然空间两直线是交错的。



(a) (b) (c) (d)

图 2-14 空间两交错直线的投影

图2-15是巷道的投影图。从图中分析，一号斜井与ab巷投影相交处的标高约为－40m，而ab巷在交点处的标高约为－60.5m，由此可知，一号斜井和ab巷是交错的。

此外，若两直线的投影平行，而倾向相反，如图2-14c所示；或两直线的投影平行、倾向虽相同，但倾角不等，如图2-14d所示，则空间两直线也是交错的。图2-16中的两个斜井，虽然投影平行，但倾角不等（一个18°，一个15°），因此，它们在空间是交错的。

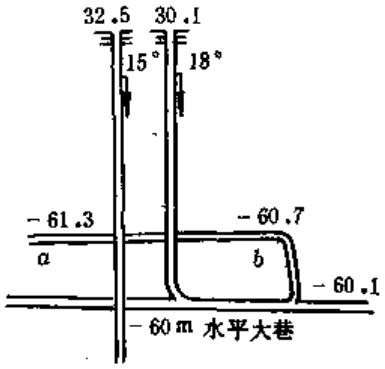


图 2-15　巷道投影图

三、平面的标高投影

（一）标高投影中平面的表示方法

平面的标高投影是指空间倾斜平面在水平面上的投影。平面的标高投影一般是以空间平面上的等高线在水平面上的投影来表示。

水平面和倾斜平面的交线上，处处高程值相等，称为等高线。如图2-16a所示，P为空间一倾斜平面，H、S、T分别为三个高度不同的水平面，水平面与倾斜平面的交线0—0、10—10、20—20为三条等高线。用正投影的方法，将倾斜平面上的等高线投影到水平面上，如图2-16b所示，这组等高线的投影就是空间倾斜平面P在水平面H上的标高投影。

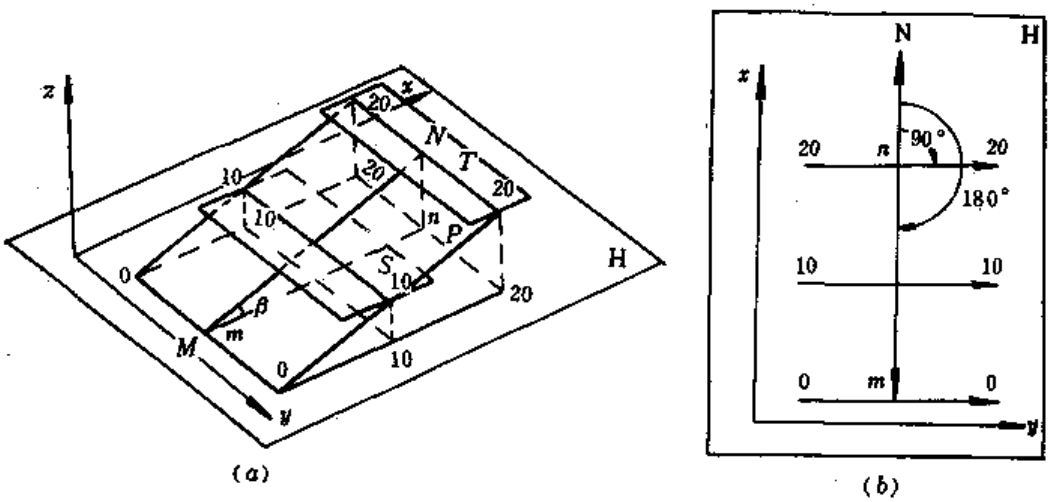


图 2-16　平面的标高投影

（二）平面三要素

倾斜平面的标高投影图，可以表示倾斜平面在空间的状态。平面在空间的状态用平面的走向、倾向和倾角三要素表示。

等高线的方向称为倾斜平面的走向，如图2-16b中等高线箭头所指的方向，走向一般用方位角表示；倾斜平面内由高向低垂直等高线的直线称为倾斜线，图2-16a中NM线为平面P的倾斜线。倾斜线在水平面上的投影称为倾向线，倾向线的方向称为倾斜平面的倾向，如图2-16b中nm线的方向，一般也用方位角表示；倾向线与倾斜线的夹角称为倾角，如图2-16a中的β角。确定了平面的三要素，则平面在空间的状态就明确了。这三个要

素均可从平面标高投影图中求得。图2-16 b 中平面 P 的走向方位角为90°，倾向方位角为180°，从 nm 线两端点的高差和 nm 线的水平长度可以求出平面 P 的倾角 $\beta\left(\beta=\text{arctg}\frac{20}{nm}\right)$。

在平面标高投影图中，相邻两条等高线间的距离称为平距，用 d 表示，平距可按比例直接从平面标高投影图中量出；相邻两条等高线的高程差称为高差，用 h 表示，可以从平面投影图中相邻两条等高线的高程值算出。

图2-17 a 为另一平面的标高投影图，这个平面的走向方位角为135°，倾向方位角为225°。设图2-17与图2-16的比例尺相同，显然二图中 nm 线的水平长度不相等，而高差相同，因此，二平面的倾角不等（参看图2-17b）。由图2-17a可以计算出平面的倾角β'（$\beta'=\text{arctg}\frac{20}{nm}$）。

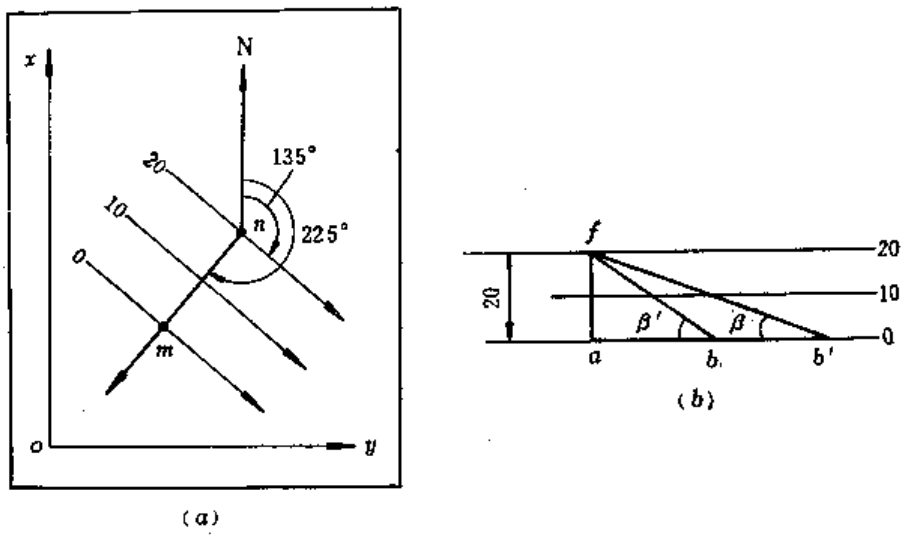


图 2-17　平面标高投影及沿倾斜的剖面图

在识读和应用矿图时，有时需要在平面标高投影图上沿倾斜作剖面图，以表示平面的倾斜长和倾角，其作图方法如图2-17 b 所示。首先按比例绘一组相互平行的高程线，各高程线间距等于相邻两等高线的高差，然后按相同比例在0—0线上取 $ab=mn$，由 a 点作 ab 线的垂线 af（fa 等于 n、m 两点的标高差），连接 fb，则 fb 为平面的倾斜长，β' 为平面的倾角。图2-16中的平面 P 的倾斜长为 fb'，平面的倾角为 β。

（三）平面标高投影的作图方法

平面标高投影作图是指在水平面上作出该平面的等高线。作平面的标高投影时，通常会遇到以下四种情况：已知不在同一直线上的三点；已知一直线和线外一点；已知相交两直线；已知平行的两直线。不论哪种情况，其作图均按下列步骤进行：

（1）根据已知条件，按一定比例尺，把直线或点展绘于图上；

（2）将各点所连的直线及已知直线，按高程值的整倍数进行标高内插；

（3）连接高程相同的各点，便得平面等高线的投影，即该平面的标高投影。

〔例2-2〕 已知三点的坐标 A（9、2、80）、B（6、11、40）、C(2、1、60)（括号内的三个数为 x、y 及高程值），求三点所定平面的标高投影图。

首先将三点的位置及高程按标高投影的方法绘于图上，得图2-18中的a_{80}、b_{40}、c_{60}；连接三点，并对各连线按高程为10的整倍数进行标高内插；将高程相同的50、60、70各点相连接，得平面等高线的投影，即该三点所定平面的标高投影图（见图2-18）。

（四）空间两平面的相互位置

局部地区煤层间的关系、煤层层面与断层面的关系等，都属于空间平面的相互关系问题。空间两平面的相互关系有下列两种情况：

1．两平面平行

在标高投影图中，两个平面的等高线相互平行，倾向相同，平距相等，则空间两平面彼此平行。

图2-19是空间两个平面P_1、P_2的标高投影图，从图中可以看出P_1、P_2平面的等高线彼此平行、平距$d_1=d_2$，倾向方位角$\alpha_1=\alpha_2$，因而，可以判定这两个平面在空间彼此平行。

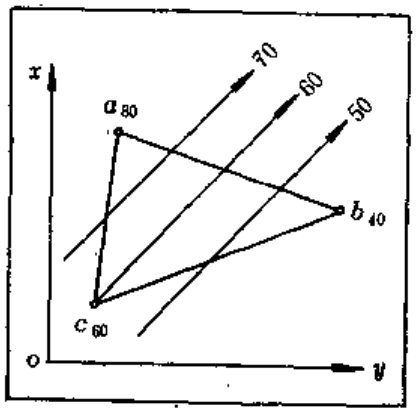


图 2-18　已知三点坐标作平面标高投影

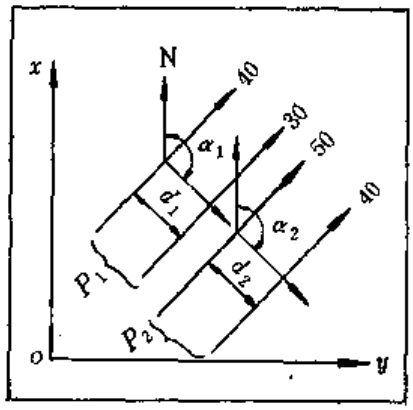


图 2-19　两平行平面的投影

2．两平面相交

空间两平面相交有以下三种情况：

（1）在平面标高投影图上，两平面等高线平行，倾向相反，则空间两平面相交。

图2-20 *a* 是两个平面的标高投影图，它们的等高线平行，但倾向的方位角α_1、α_2相差180°，即倾向相反，因此可以判定这两个平面是相交的。

因为两个平面的等高线平行，故它们的交线必与等高线平行。为了确定两平面交线的位置，按图2-17 *b* 的方法，过*Q*—*Q*作剖面图，如图2-20 *b* 所示。*AB*、*DC*为两平面的倾斜线，将两倾斜线延长交于*K*点，并将*K*点投到30水平线上，得*k*点。由图上量得*K*的高程为35。在剖面图上量取*ck*，并将此线段相应展绘到平面标高投影图（图2-20 *a*）上，即得到*Q*—*Q*剖面上二平面交点的标高投影*k*，过*k*作等高线的平行线，即35等高线，此线就是两平面交线的投影。

（2）在平面标高投影图上，两平面的等高线平行，倾向相同，但倾角不等，则空间两平面相交。

图2-21 *a* 所示为等高线平行、倾向相同、倾角不等的两相交平面的标高投影图，其交线的求法如图2-21 *b* 所示。

（3）在平面标高投影图上，两平面的等高线相交，则空间两平面相交。

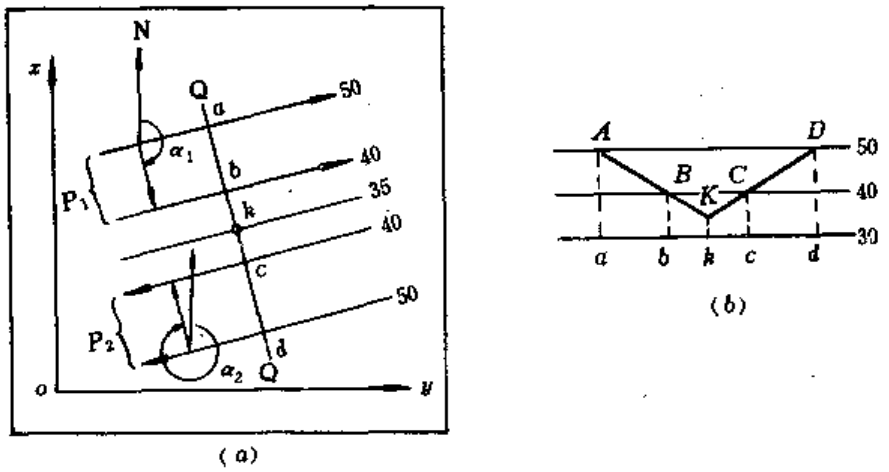


图 2-20　两相交平面的投影之一

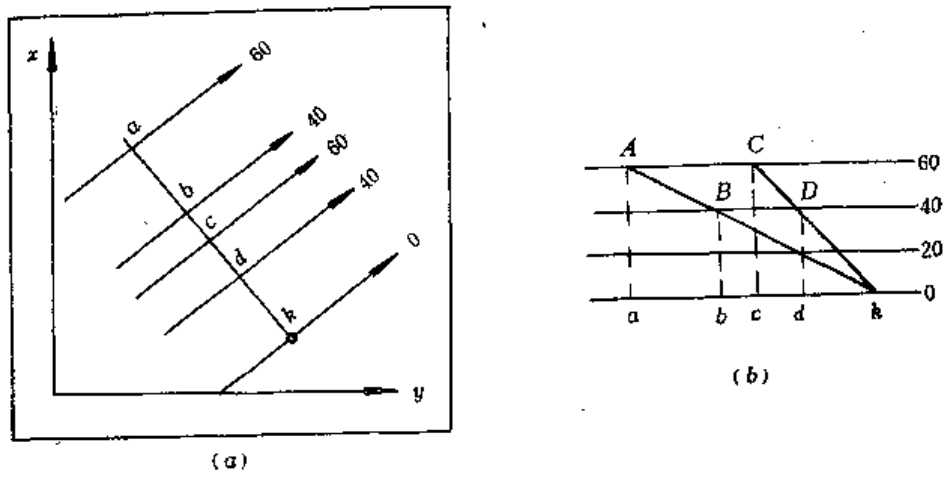


图 2-21　两相交平面的投影之二

图2-22是等高线相交的两平面的标高投影图。同名等高线交点的连线ab为两平面交线的投影。从图中可以看出，其交线在空间为一倾斜直线。

（五）空间直线与平面的相互位置

局部地区煤层与直线巷道的位置关系，即属于直线和平面的相互位置问题。直线与平面的相互位置关系有以下三种情况：

1．直线位于平面内

直线有两点位于平面内，则此直线位于平面内。

图2-23所示为一空间直线AB和一平面P的标高投影图。直线两端点的投影a_{20}、b_{50}均在同高程的平面等高线投影上。由此可知，空间直线AB位于空间P平面内。

2．直线与平面平行

空间某直线不在平面内，但与平面内的某直线平行，则此直线与平面平行。

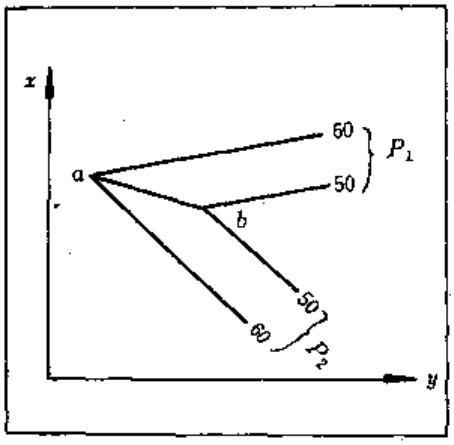


图 2-22　两相交平面的投影之三

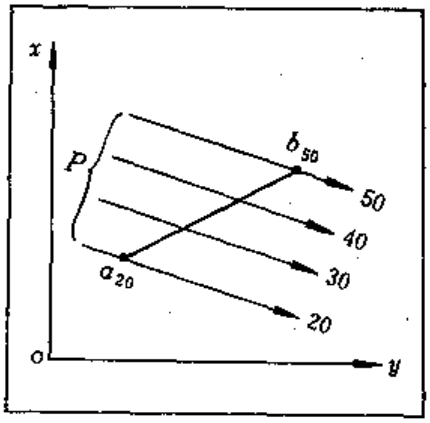


图 2-23　直线位于平面内的投影

如图2-24所示，$c_{60}d_{30}$ 为空间平面P内直线CD 的投影，$a_{80}b_{50}$ 为空间某直线 AB 的投影，$a_{80}b_{50}$平行于$c_{60}d_{30}$。由图可知，AB两端点高程都高于P平面相应点的高程，因而直线AB不在平面P内，但$a_{80}b_{50}$与$c_{60}d_{30}$平行，倾向相同，倾角也相等，所以直线 AB 与平面P平行。

3．直线与平面相交

直线既不在平面内，又不与平面平行，则此直线与平面相交。

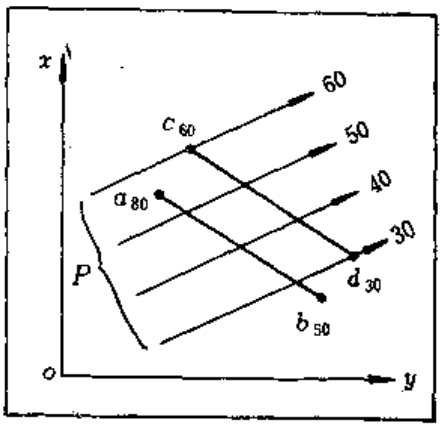


图 2-24　直线与平面平行的投影

如图2-25a所示，直线CD的标高投影高程值与平面等高线相应点的高程值不一致，所以 CD 线不在平面P内，而且CD线的倾向与平面的倾向相反，所以CD线不与平面平行。由此可知，CD线与平面P相交。

为了求得CD线与平面P的交点，过直线CD作剖面图，如图2-25 b 所示。直线CD与平面上的直线AB相交于K点，K点就是直线CD与平面P的交点。将K点投影于水平线上，并转绘至平面图（图2-25a）上，则得直线CD与平面P交点的投影k_{34}。

四、曲面的标高投影

曲面的标高投影同样采用曲面上等高线的投影来表示。

如图2-26所示，上部画的是一个山丘立体示意图，山丘与高程为10m的静止水面的交线为一闭合曲线。若水位升高到12m、14m、16m时，同样可以形成三条闭合曲线。每条闭合曲线上各点的高程均等于该曲线的高程，如高程为10m的曲线上，各点的高程均为10m。将各曲线投影到H水平面上，并按比例绘制成图，此组曲线的标高投影即表示了该山丘的地貌，也就是山丘表面（曲面）的标高投影图。

地面的地貌、井下的煤层产状等，都是用这种方法表示的。关于曲面投影的一般知识，将在以下有关章节中叙述。

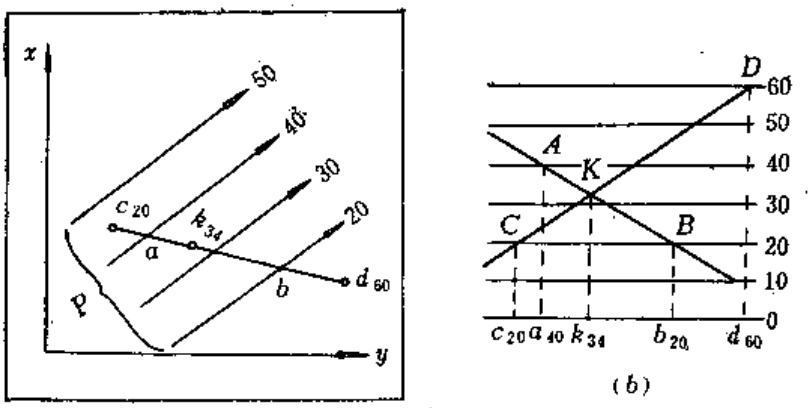


图 2-25　直线与平面相交的投影

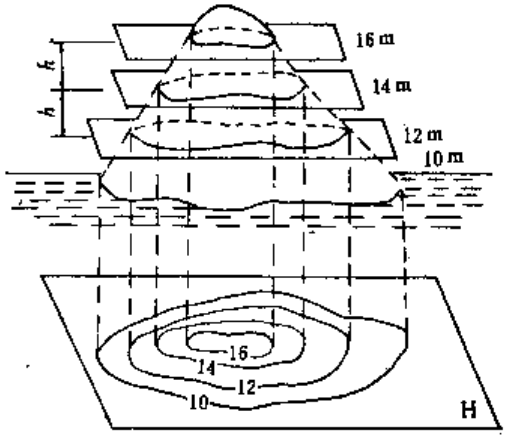


图 2-26　曲面的标高投影

第四节　轴　测　投　影

一、轴测投影概述

正投影的每一个视图，只能表达物体一个方面的尺度和形状，且缺乏立体感。如果用平行投影的方法，将物体连同它的坐标轴一道向一个投影面进行投影，利用三个坐标轴确定物体的三个尺度，就能在一个投影面中得到反映物体长、宽、高三个方面的形状和尺度的图形。这种投影的方法，称为轴测投影法。用轴测投影法所得到的图形，称为轴测投影图（简称轴测图或立体图）。图2-27所示为空间立方体的轴测投影图，由图中可以看出，立方体的三个尺度全反映出来了。

图中P为轴测投影面，S为投影线方向，ox、oy、oz为物体空间直角坐标轴的三个坐标轴，o_1x_1、o_1y_1、o_1z_1为空间相应三个坐标轴在轴测投影面上的投影。

轴测投影图的优点是比较直观和立体感强，能较清楚地表达物体的形象，其缺点是度量性较差，作图麻烦。矿图中有时用轴测图作为辅助图，以表达巷道的立体关系和位置。

（一）轴测轴和轴间角

空间直角坐标轴ox、oy、oz在轴测投影面上的投影o_1x_1、o_1y_1、o_1z_1称为轴测投影

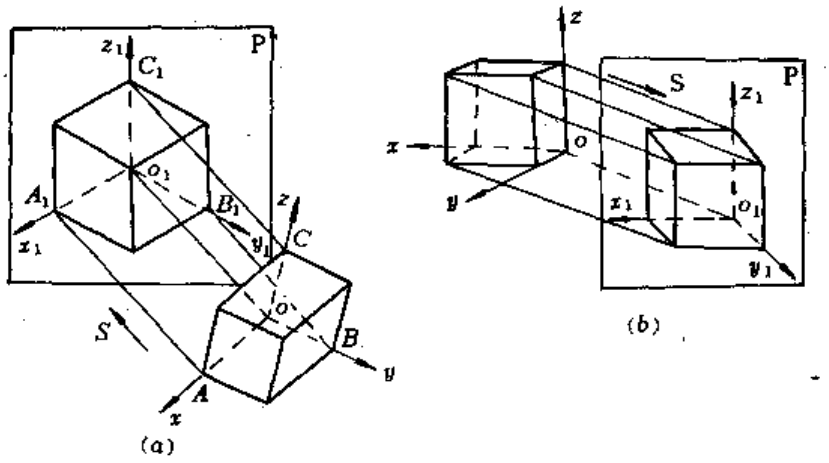


图 2-27　立方体的轴测投影图

轴，简称轴测轴。每两根轴测轴之间的夹角$\angle x_1o_1y_1$、$\angle x_1o_1z_1$、$\angle z_1o_1y_1$称为轴间角。

（二）轴向变形系数

空间某线段沿某轴测轴的投影长与其沿相应空间坐标轴的实际长度之比，称为该轴的轴向变形系数（见图2-27 *a*），即

$\frac{o_1A_1}{oA}=p$　　p为x轴的轴向变形系数；

$\frac{o_1B_1}{oB}=q$　　q为y轴的轴向变形系数；

$\frac{o_1C_1}{oC}=r$　　r为z轴的轴向变形系数。

（三）轴测投影的特性

由于轴测投影是用平行投影方法进行的投影，因此，轴测投影具有平行投影的特性：

（1）空间直线，其轴测投影仍为直线；

（2）空间相互平行的直线，其轴测投影仍然相互平行；

（3）空间平行于坐标轴ox、oy、oz的线段，即轴向线段，其轴测投影也必然与相应的轴测轴平行，并且所有同轴的轴向线段，其变形系数相同。

上述投影特性，是绘制轴测图的重要依据，应仔细理解，熟练掌握。

（四）轴测投影的种类

根据投影线方向和投影面的关系，轴测投影分为正轴测投影（也称直角轴测投影）和斜轴测投影（也称斜角轴测投影）两种。投影线与轴测投影面垂直的称为正轴测投影，如图2-27 *a* 所示；投影线与轴测投影面斜交的称为斜轴测投影，如图2-27 *b* 所示。

根据轴向变形系数的不同，上述每种轴测投影又可分为三种：

（1）若$p=q=r$时，称为正（或斜）等测投影；

（2）若$p=q\neq r$或$p\neq q=r$或$p=r\neq q$时，称为正（或斜）二测投影；

（3）若$p\neq q\neq r$时，称为正（或斜）三测投影。

工程上常用的是正等测图和斜二测图。下面介绍这两种轴测图的画法。

二、轴测图的画法

（一）正等测图的画法

正等测图是用正轴测投影的方法，并使其三个轴向变形系数相等作出的轴测投影图。

绘制正等测图，首先作三根互成120°的轴测轴 o_1x_1、o_1y_1、o_1z_1，一般使 o_1z_1 与水平线成直角，o_1x_1、o_1y_1与水平线成30°角，如图2-28所示。三个轴间角相等，即 $\angle x_1o_1z_1=\angle x_1o_1y_1=\angle z_1o_1y_1=120°$，三个轴向变形系数$p$、$q$、$r$相等，即均为 0.816，为了绘图方便，一般把三个轴向变形系数均取为 1 。

现举例说明点、直线、平面的正等测图的画法。

已知空间点A（10m、15m、20m），试作其正等测图。

作图步骤如下：

（1）作轴测轴o_1x_1、o_1y_1、o_1z_1互成120°角，矿图习惯上以o_1x_1的相反方向为正，如图2-29所示；

（2）在o_1x_1轴上按比例量取 $o_1a_{x_1}=10m$，过a_{x_1}作o_1y_1的平行线，并在此平行线上量取$a_{x_2}a_1=15m$，得a_1；

（3）过a_1作o_1z_1的平行线，并取$a_1A_1=20m$，得点A_1，即为A点的正等测图。

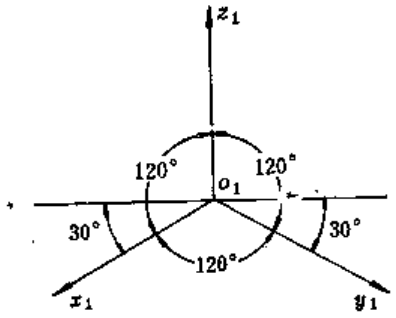


图 2-28　正等轴测轴的画法

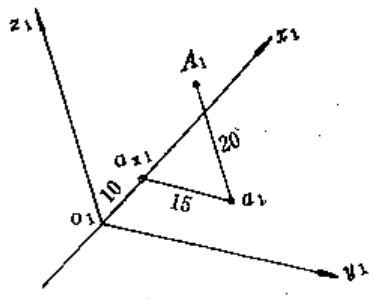


图 2-29　点的正等测投影图画法

直线的轴测投影图是该直线两端点轴测投影的联线；平面的轴测投影图是该平面内三个点（或一直线和一个点）轴测投影的联线；平面立方体的轴测投影图是其各特征点轴测投影的联线。因此，掌握了点的正等测投影图的画法，便可作出直线、平面和平面立方体的正等测图，其示例见图2-30。

（二）斜二测图的画法

斜二测图是用斜测投影的方法，并使其两个轴向变形系数相等作出的轴测投影图。为了作图方便和作出的轴测图立体感强，一般采用 $p=r=1$，$q=0.5$，轴间角 $\angle x_1o_1z_1=90°$，$\angle y_1o_1z_1=135°$，y_1轴与水平线成45°；或 $q=r=1$，$p=0.5$，$\angle z_1o_1y_1=90°$，x_1 与水平线成45°，如图2-31所示。

现举例说明斜二测图的画法与步骤。

〔例2-3〕 图2-32 a 为M点的标高投影图，试作该点的斜二测图。作图方法和步骤如下（见图2-32 b）：

（1）先作x_1、y_1、z_1三个轴测轴，使z_1与x_1、x_1与y_1间夹角为45°；

（2）选定变形系数 $q=r=1$，$p=0.5$，则M点的轴测轴与直角坐标轴间的关系为：

$$x_1=0.5x,\quad y_1=y,\quad z_1=z$$

	点	直　　线	平　　面	平面立方体
已知条件	$A(x_a、y_a、z_a)$	$A(x_a、y_a、z_a)$ $B(x_b、y_b、z_b)$	$A(x_a、y_a、z_a)$ $B(x_b、y_b、z_b)$ $C(x_c、y_c、z_c)$	$A(0、y_a、0)$；$B(x_b、y_b、0)$， $C(x_c、0、0)$；$D(x_d、y_d、h_2)$； $E(x_e、0、h_2)$；h_1、h_2
正等测图	(a)	(b)	(c)	(d)

图 2-30　正等测图画法示例

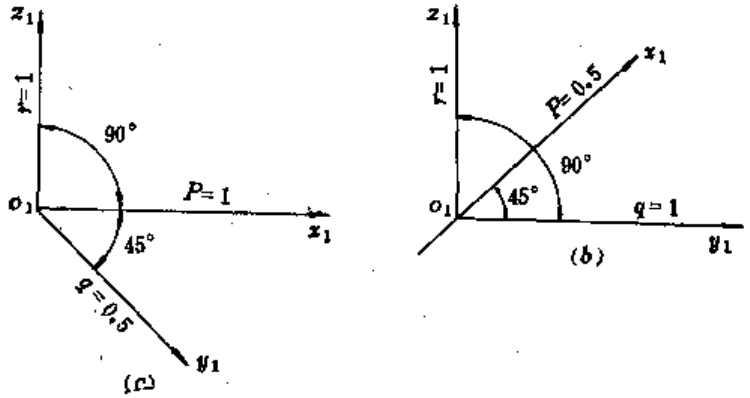


图 2-31　斜二测图轴测轴画法

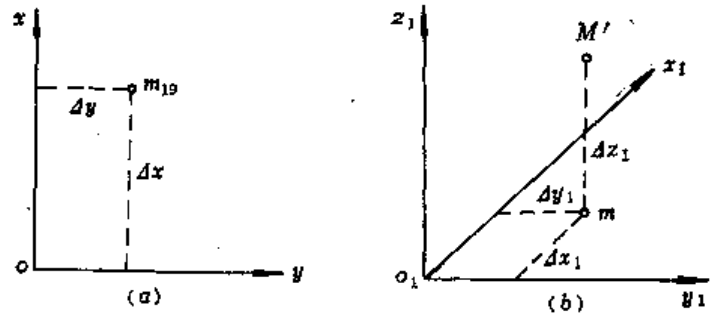


图 2-32　点的斜二测图画法

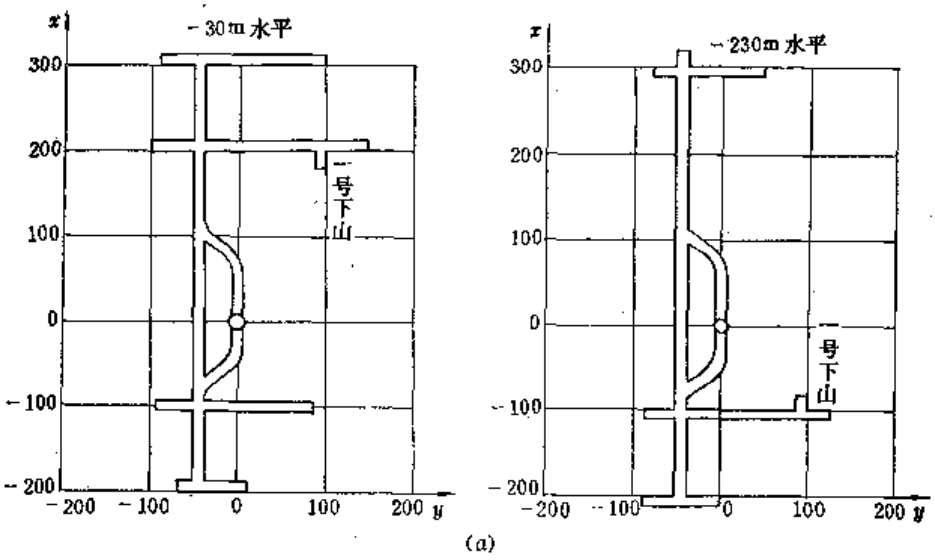
（3）在轴测投影图上取$\Delta x_1=0.5\Delta x$，$\Delta y_1=\Delta y$定出m点，过m点作竖直线，在此竖直线上按比例截取$\Delta z_1=\Delta z$（此处为19），得M'点，即为M点的斜二测图。

直线、平面和平面立方体的斜二测图的画法，与正等测图相似，只是作图时应将变形系数为0.5轴测轴的轴向长度，取为物体沿相应直角坐标轴长度的一半。

矿图中绘制井巷轴测图时，通常不用各点的实际坐标，而是用标高投影中选定的假定坐标。

〔例2-4〕 图2-33 *a* 为某矿井两个水平的巷道平面图（标高投影），试作其斜二测图。

作图步骤如下（见图2-33 *b* 、 *c* ）：



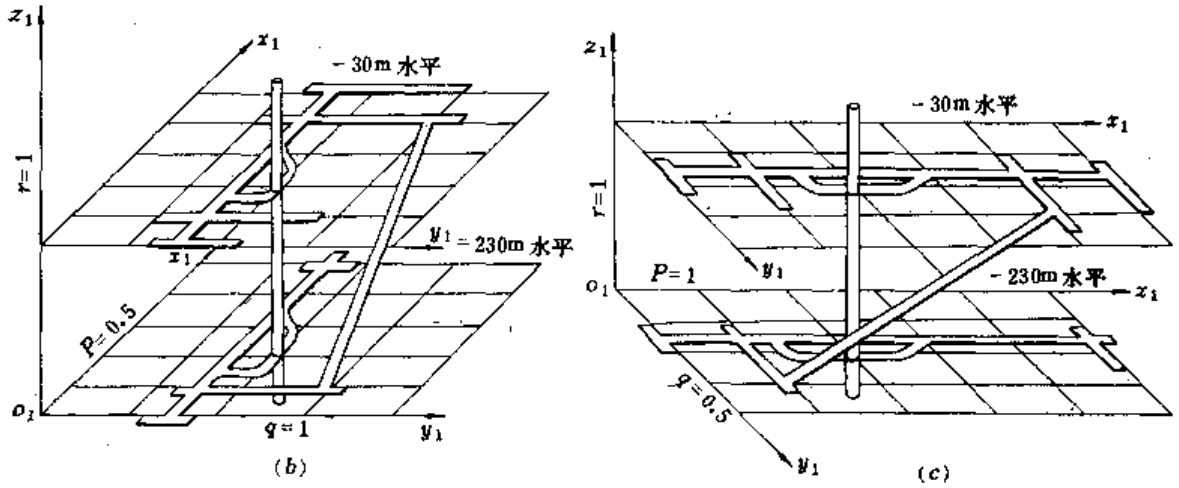


图 2-33 巷道的斜二测图画法

（1）如图2-33 *a*，选定井筒中心（或附近某一测点）作为假定坐标原点 *o*，平行于主要巷道的方向作为假定 *x* 轴的方向，垂直于主要巷道的方向作为假定 *y* 轴的方向，以此绘制平面直角坐标网格。

（2）选定轴测投影图的类型，确定轴间角和变形系数。如图2-33 *b*，令 $q=r=1$，$p=0.5$，$\angle y_1o_1z_1=90°$，$\angle x_1o_1z_1=45°$；图2-33 *c* 中，令 $p=r=1$，$q=0.5$，$\angle z_1o_1x_1=90°$，$\angle x_1o_1y_1=45°$。

（3）根据各水平的巷道平面图，作各水平巷道的斜二测图。假如先作－30m水平的巷道斜二测图，在绘图纸上部作轴测轴x_1、y_1、z_1，如图2-33 b、c所示。根据平面图的网格和轴测轴的变形系数，按比例绘出轴测投影坐标网格；再根据平面图中巷道特征点的坐标x、y，在轴测投影坐标网格内作各特征点的投影，用双线画出巷道轮廓。

（4）画完－30m水平后，将z_1轴向下延长，在延长线上按比例尺截取一段长度等于（230－30）×1＝200m，过截点作平行于上水平的x_1、y_1轴，再按步骤（3）作出－230m水平的巷道轴测投影。作图时要注意：在图2-33 b中，x_1方向的轴向尺寸等于相应空间轴向实长的一半；在图2-33 c中，y_1方向的轴向尺寸等于相应空间轴向实长的一半。

（5）用双线连上下水平间的井巷。用阴影将各巷道加以修饰，即得该地区的井巷斜二测图。

由图2-33 b、c看出，由于所取的轴间角和轴向变形系数的不同，绘出的两个斜二测图的图形也不一样。

思考练习题

1．投影是由哪三个条件形成的？根据投影线是否平行，投影方法有哪两种？

2．在中心投影中，物体投影的大小与物体至投影面的距离或物体至投影中心的距离有何关系？

3．什么叫平行投影法？在平行投影法中，斜投影法和正投影法有何区别？

4．设物体为一平面，用正投影法进行投影，物体投影的形状和哪些因素有关？

5．解释以下名词：正视图、俯视图、侧视图、平面图、立面图、层面图。

6．用正投影法投影，正视图、俯视图和侧视图各反映物体哪个方向的形状和尺寸？它们之间有何对应关系？

7．解释以下各种投影法的意义和特征：中心投影，平行投影、正投影、三面投影、斜投影、标高投影、轴测投影。

8．绘制工程图为什么广泛应用正投影的方法？为什么说标高投影也是一种正投影？绘制矿图为什么一般都采用标高投影法？

9．空间两点A（20m、40m、50m）、B（80m、70m、30m），试按1:2000比例尺绘制空间AB直线的标高投影图。

10．什么叫标高内插？标高内插的方法有几种？图2-34为空间三条直线的标高投影图，试标出各直线投影图上标高为10m整倍数的投影点的位置。

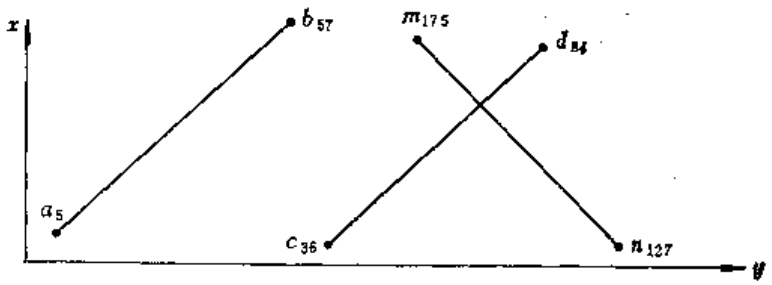


图 2-34　直线标高投影图（作标高内插）

11．在标高投影图上怎样判断点与直线、直线与直线、平面与平面以及平面与直线的相互位置关系？

12. 图2-35为三组直线的标高投影图，比例尺为1:5000，试判断图中各直线的关系。

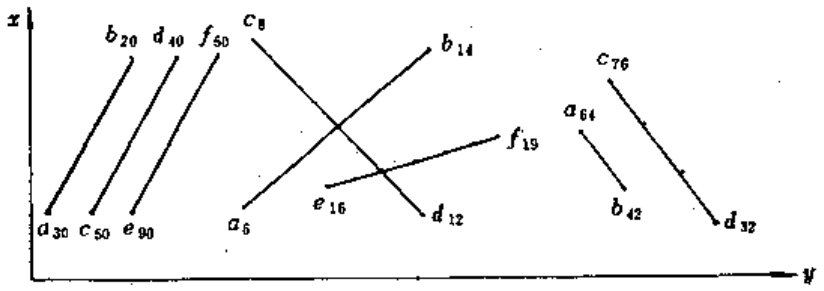


图 2-35 直线标高投影图（判断位置关系）

13. 图2-36为三组平面的标高投影图，比例尺为1:2000，试判断图中各组两平面的相互位置关系，并求出两平面的交线及其方位角。

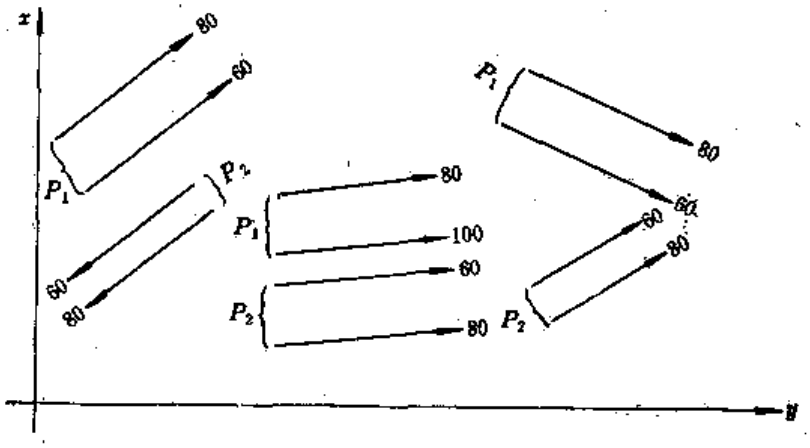


图 2-36 平面标高投影图（判断位置关系）

14. 试求图2-36中三个P_1平面的走向方位角、倾向方位角和倾角。

15. 图2-37为平面P和直线AB、CD的标高投影图，比例尺1:2000，试判断各直线和平面P的关系，并求出直线和平面的交点。

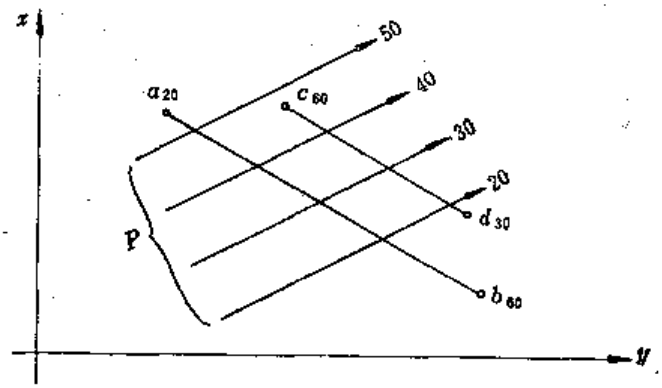


图 2-37 平面和直线标高投影图（判断关系并求交点）

16．解释以下各名词：轴测轴、轴间角、轴向变形系数、正等测图、斜二测图。

17．正等测图和斜二测图的轴间角和轴向变形系数各是多少？绘图表示之。

18．图2-38为一楔形块的三面投影图，比例尺1:1000，试按相同比例尺作出它的正等测图和斜二测图（令$p=r=1$，$q=0.5$）。

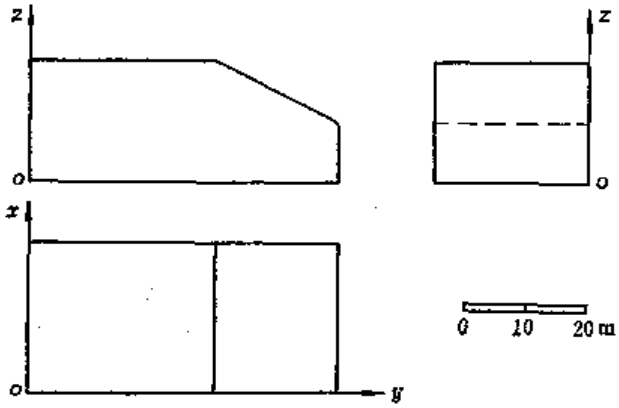


图 2-38 楔块的三面图（作轴测投影图）

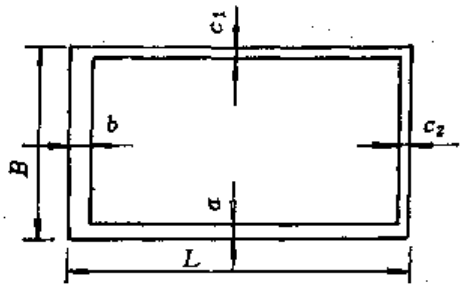


图 2 39 作业图纸规格

19．按图2-30d所示的条件，并令$q=r=1$，$P=0.5$，$x_a=x_b=40$ m，$x_c=x_d=15$ m，$y_a=y_b=y_d=20$m，$h_1=10$m，$h_2=20m$，试以1:1000比例尺作斜二测图。

20．按图2-33a所示的条件，试以1:1000比例尺作正等测图。

21．作业题

基本条件：

（1）图纸规格如图2-39所示，$B\times L=185\text{mm}\times260\text{mm}$，$a=b=15\text{mm}$，$c_1=c_2=10\text{mm}$；

（2）比例尺为1:1000；

（3）各点的平面坐标及高程如表2-1所示。

表 2-7 各 点 的 坐 标 值　　单位：m

点 \ 坐标	x	y	H
o	3028100	21536200	0
A	3028275	21536210	1255
B	3028120	21536230	1185
C	3028220	21536320	1200
M	3028229	21536197	1220
P	3028169	21536318	1280

作业内容要求：

（1）绘制100mm×100mm方格网，并标注纵、横坐标及指北方向；

（2）将表2-1中各点分别展绘到平面图上；

（3）分别求出AB、BC、CA、MP各直线的方位角、象限角、水平长度和实际斜长；

（4）分别求出以上各直线标高值为10m整倍数点的标高内插位置，并标绘在图上；

（5）绘出A、B、C三点所构成的平面的等高线图，并求出该平面的走向、倾向及倾角；

（6）判别MP直线分别与AB、BC、CA三直线在空间的相互关系（平行、相交、交错）。

第三章　井田区域地形图

第一节　概　　述

井田区域地形图是全面反映井田范围内地物和地貌的综合性图纸。地物是指地面上各种不同的物体，如农田、河流、道路、森林、房屋建筑等；地貌是指地面高低起伏的形态，如高山、盆地、山谷、山脊等。

井田区域地形图必须绘出下列内容：

（1）测量控制点。包括各级三角点、水准点、埋石图根点等。

（2）居民点和重要建筑物外部轮廓。

（3）独立地物。包括各种塔、烟囱、高压输电线杆（塔）、贮气柜、注浆站、井筒和井架等。

（4）管线及垣栅。包括各种输电线、通讯线、煤气管道、围墙及栅栏等。

（5）铁路、公路、架空索道、大车路等各种道路。

（6）河流、湖泊、水库、水塘、输水槽、水闸、水坝、水井和桥梁等。

（7）高山、盆地、山谷、山脊、悬崖、峭壁、冲沟、台阶地等各种地貌。

（8）土质和植被。包括重要资源、森林、经济作物地、菜田、耕地、沙地、沼泽、石块地等。

（9）采矿引起的地面特有地貌。包括塌陷坑、塌陷台阶和积水区、矸石山等。

井田区域地形图主要用于地面建筑、矿井地面工程和井下采掘工程的规划、设计和施工，指导矿井建设、安全生产和科学管理。它是每个矿井必备的基础图纸。应用井田区域地形图，可以绘制出矿井其它专用图纸，如工业广场平面图、井上下对照图、地形地质图、主要保护煤柱图以及在特殊条件下的采掘工程图等。

井田区域地形图比例尺一般采用1:2000或1:5000。

第二节　地　物　符　号

在地形图上，各种地物是以其相似的几何图形或特定的符号表示的。

为了便于识读和应用，绘制地形图使用了统一规定的地物符号。地形图上的地物符号，分为比例符号、非比例符号、线性符号和注记说明四种。

一、比例符号

按一定比例表示地物图形轮廓的符号，称为比例符号。如图3-1所示的房屋、果园、农田等，这些地物图形的轮廓或种植范围，应按比例绘于图上。

二、非比例符号

有些重要的地物，轮廓较小，在图上不便按比例表示出来，就要用非比例符号表示，如图3-2所示的测点、钻孔、井口、烟囱等。这些符号在地形图上，只表示地物的位置，不表示地物的大小。

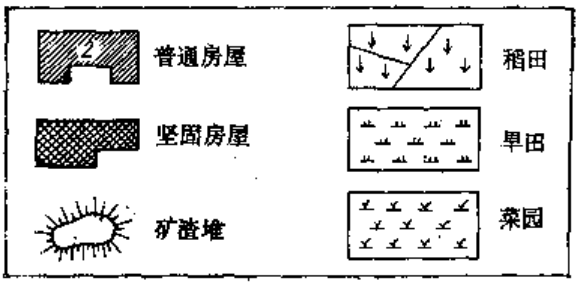


图 3-1 比例符号

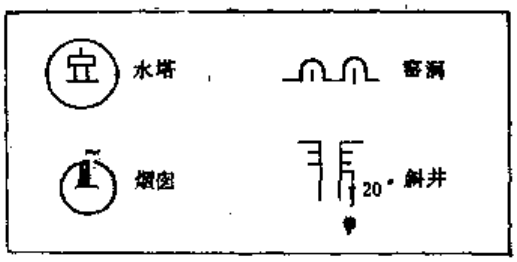


图 3-2 非比例符号

三、线状符号

有些带状延伸地物，长度按比例表示，而宽度不按比例表示，这种符号称为线状符号或半依比例符号，如图 3-3 所示的公路、铁路、高压线等。

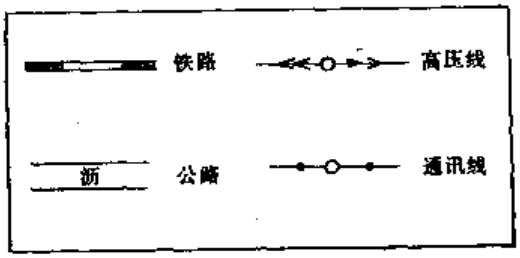


图 3-3 线状符号

四、注记说明

注记说明是补充以上各种符号之不足而加的文字说明，如地名、村名、铁路名、测点的标高值等。

地物符号是绘制、识读和应用地形图的重要内容，必须熟习这些统一规定的符号。详见本书附录一。

第三节 地 形 等 高 线

在地形图上表示地貌的方法很多，但最普遍的是地形等高线法。

一、地形等高线的概念

在地面上，高程相同的点所连成的光滑曲线，称为地形等高线，也就是水平面与地面的交线。如图3-4*a*所示，假如有一个小山头淹在水中，水面P_3的高程为120m，则水平面和山头表面的交线就是120m等高线。当水面下降5m时，又可得到水平面P_2与山头表面的交线，即115m等高线。如此继续下降，每降一次便可得一条等高线。如果把这些等高线都垂直投影到一个水平面H上，按一定比例绘成图，并注明各等高线的标高，就是这个小山头的地形等高线图，如图3-4*b*。

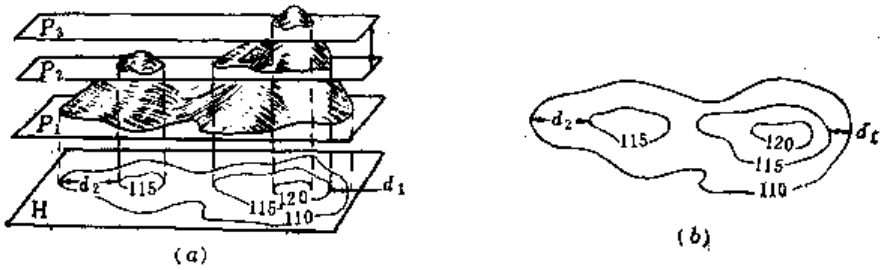


图 3-4 地形等高线投影图

相邻两条等高线之间的高程差，称为等高距，以 h 表示。同一张图上，等高距应一致，如图3-4b中的等高距为5m。

一张图纸的等高距与地形的类别、比例尺的大小及对图纸的要求等因素有关。等高距越小，图上的等高线就越密，也就越能详细地表达地貌的细节，但这要增加测绘的工作量。因此选择多大的等高距，必须统筹兼顾、全面考虑。表3-1所列为现行的几种地形图的等高距。

表 3-1　不同比例尺地形图的等高距　　单位：m

比例尺	地区		
	平原	丘陵	山地
1:500	0.2	0.5	0.5
1:1000	0.5	1.0	1.0
1:2000	0.5	1.0	2.0
1:5000	0.5～1.0	2.0	5.0

在等高线图上，相邻两条等高线之间的最短水平距离，称为等高线平距，以 d 表示。因为同一张图上的等高距相同，所以在平距小的地方，地形坡度大。如图3-4b中所示的山坡，西部等高线的平距较大，表示地形坡度较缓；东部平距较小，表示地形坡度较陡。

二、等高线的种类

为了便于查看等高线的高程和充分地表示某处的实际地貌，等高线分为四种，如图3-5所示。

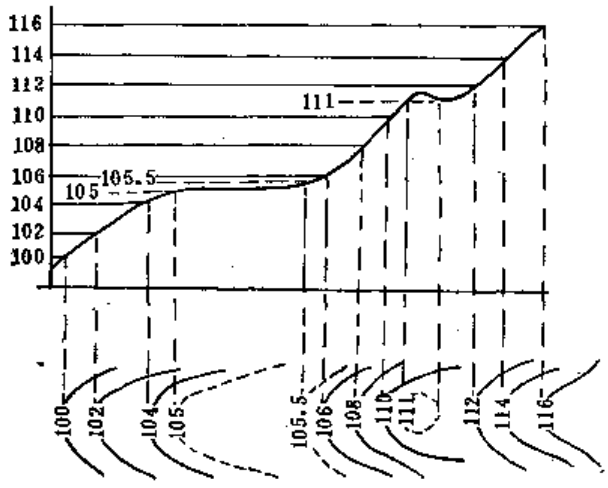


图 3-5　等高线种类

（一）基本等高线

根据表3-1选定的等高距称为基本等高距。按基本等高距绘制的等高线，称为基本等高线，又称首曲线，如图中的100m、102m、……116m等。

（二）加粗等高线

为了便于查看高程，一般每隔四条基本等高线加粗一条等高线，这条加粗的等高线，称为加粗等高线。一般只在加粗的等高线上注记高程值，因而加粗等高线又称计曲线，如图中的100m、110m两条等高线。

（三）半距等高线

当基本等高线不能显示一些重要地貌时，在两条基本等高线之间，按$\frac{1}{2}$等高距再测绘一条等高线，称为半距等高线，亦称间曲线，如图中105m、111m两条等高线。

（四）辅助等高线

如果加绘了半距等高线，仍不能充分显示局部地貌的特征，则在基本等高线和半距等高线之间，再按$\frac{1}{4}$基本等高距测绘的等高线，称为辅助等高线，又称助曲线，如图中的

105.5m等高线。

三、各种基本地貌及其等高线特点

地貌的自然形态虽然很复杂，但不外是由山地、盆地、山脊、山谷、鞍部等几种基本地貌组合而成的。熟习了这些基本地貌的等高线特点，就不难识读各种复杂的地貌了。

下面介绍几种基本地貌及其等高线。

（一）山地

地面隆起而高于四周的高地称为山地。尖突的山地称为山峰；矮小的称山丘。山地的最高部分称山顶；山地的侧面称山坡；山坡与平地连接部分称山脚或山麓，如图3-6*a*所示。

山地等高线为一组闭合曲线，外圈的高程值小，内圈的高程值大，如图3-6*b*所示。

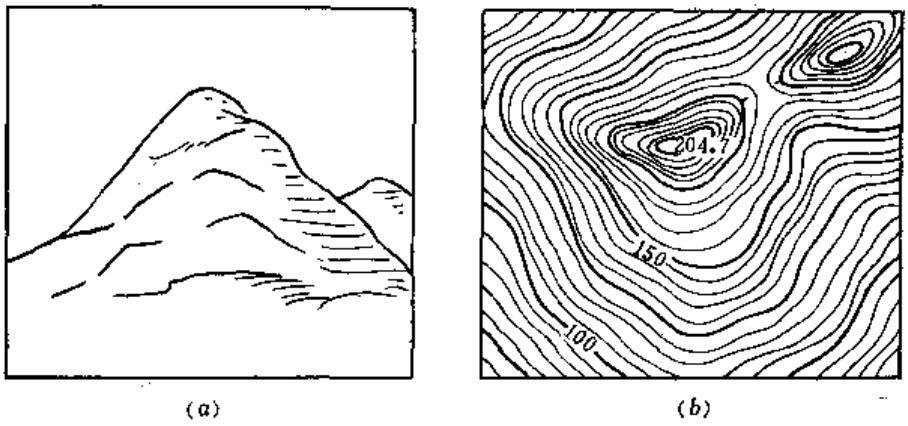


图 3-6　山地及其等高线图

山顶的形状有尖山顶、圆山顶和平山顶等，各种形状山顶的等高线也不一样，如图3-7所示。尖山顶在山顶附近坡度比较一致，其等高线的平距大体相等，如图*a*；圆山顶的顶部坡度较缓，因而越到山顶等高线平距越大，顶部最大，如图*b*所示；平山顶的顶部平坦，

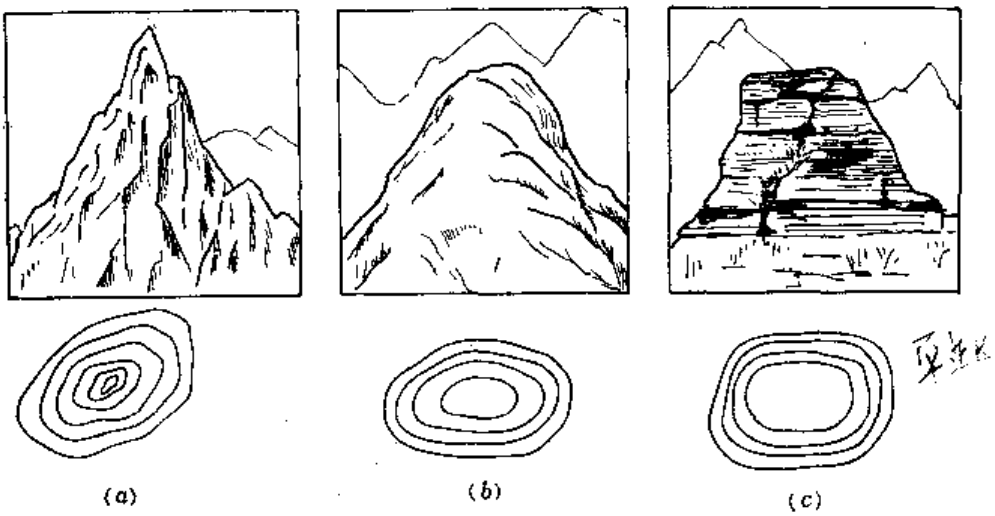


图 3-7　不同山顶形态及其等高线图

a—尖山顶；*b*—圆山顶；*c*—平山顶

越过一定范围时坡度突然变大，因而其等高线间的平距，在山坡部分较小，到山顶部分平距突然增大，如图c所示。

（二）盆地

低于四周的洼地称为盆地，如图3-8a所示。

盆地的等高线也是一组闭合曲线，外圈的高程值大，内圈的高程值小，如图3-8b所示。

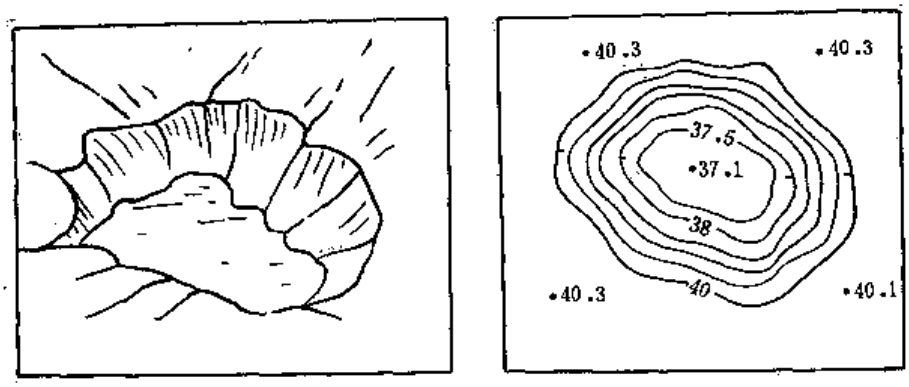


图 3-8 盆地及其等高线图

有时为了区别山地与盆地两种地形，在某些等高线的斜坡下降方向绘一短线，这种短线称为示坡线，如图3-9所示。示坡线只表示坡度的方向，其中图a为盆地、图b为山丘。

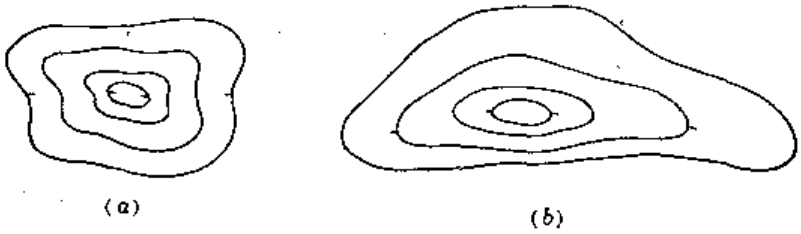


图 3-9 示坡线

（三）山脊

沿着一个方向延伸的狭长高地称为山脊。山脊两侧倾向相反，两侧面交成的棱线是雨水分流的界线，称为分水线或山脊线，如图3-10a。

山脊等高线为一组凸向低标高方向的曲线，与分水线正交，如图3-10b所示。

山脊的形状有尖山脊、圆山脊、台阶状山脊等各种各样的形态，它们都可以用弯曲程度不同的等高线表示出来，如图3-11所示。尖山脊的等高线呈尖角状，圆山脊的等高线呈弧状，台阶状山脊的等高线则呈疏密不同的方框形状。

（四）山谷

两山脊之间的凹地称为山谷。山谷中最低点连成的谷底线是雨水合流之处，因而称为集水线或山谷线，如图3-12a所示。

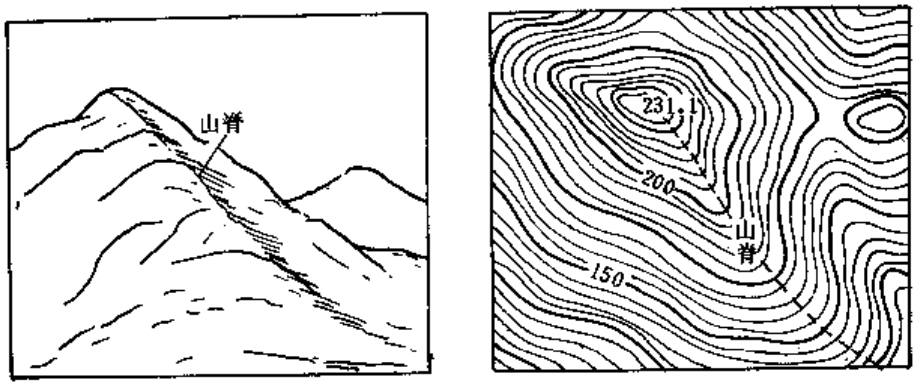


图 3-10　山脊及其等高线图

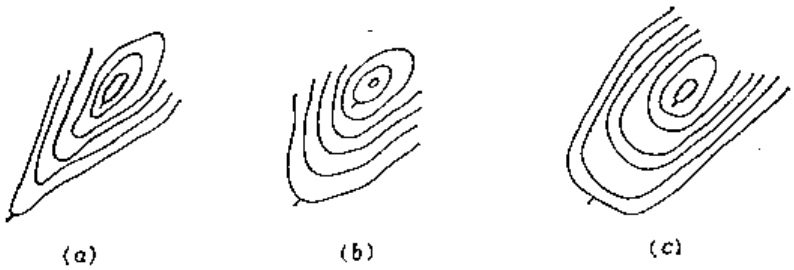


图 3-11　不同山脊等高线

a—尖山脊；*b*—圆山脊；*c*—台阶状山脊

山谷等高线为一组凸向高标高方向的曲线，与集水线正交，流水方向与等高线的凸向相反，如图3-12*b*所示。

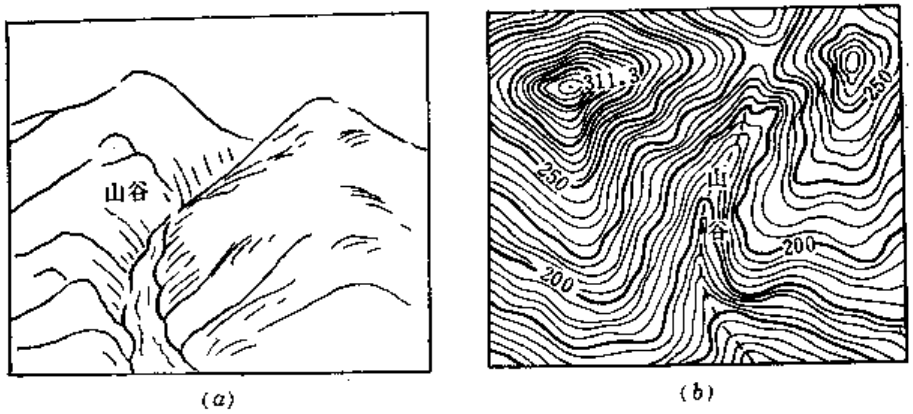


图 3-12　山谷及其等高线图

山谷的形态是多种多样的，因而表示山谷的等高线也有所区别。如图3-13所示，尖底山谷等高线弯曲时尖峭；圆底山谷等高线弯曲时呈圆弧状；平底山谷等高线在谷底处较平直。

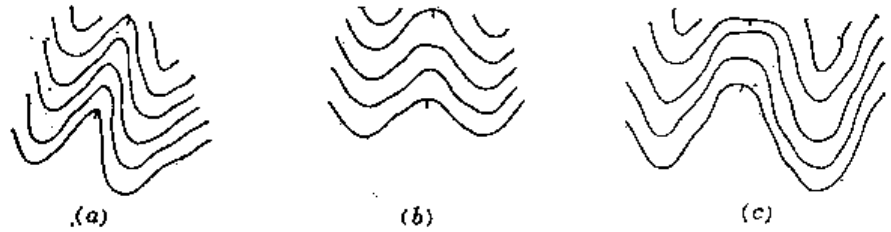


图 3-13　不同形态山谷等高线

a—尖底谷；*b*—圆底谷；*c*—平底谷

（五）鞍部

相邻两个山头之间的低凹部分，形似马鞍状，称为鞍部地形，如图3-14*a*所示。

鞍部等高线是由两组山头等高线和两组山谷等高线所组成，鞍部的中心位于两组等高线的中心线上，，如图3-14*b*所示。

鞍部有窄短鞍部、窄长鞍部、平宽鞍部等，其等高线如图3-15所示。

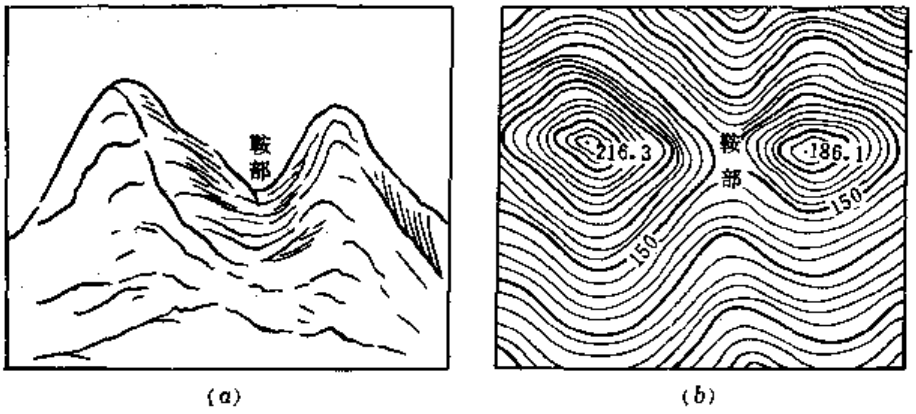


图 3-14　鞍部及其等高线图

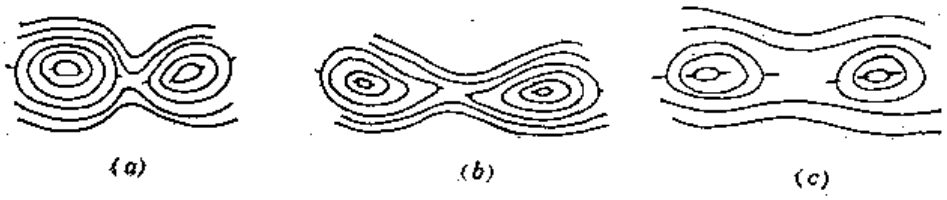


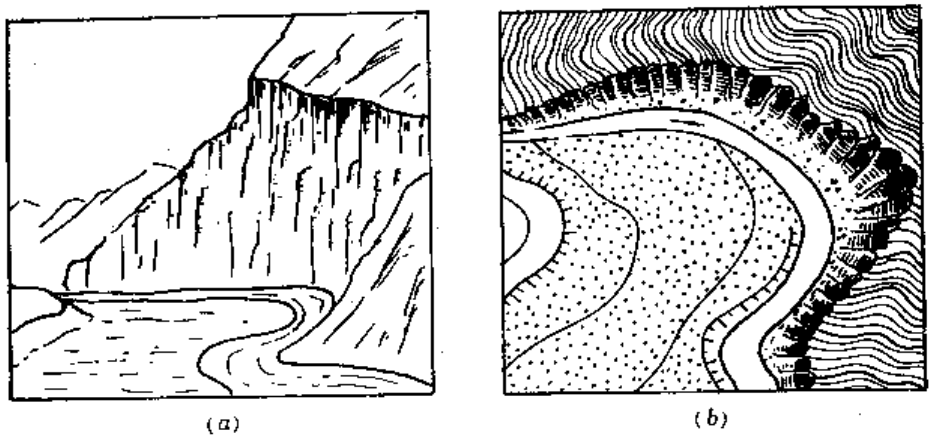
图 3-15　不同形态鞍部等高线

a—窄短鞍部；*b*—窄长鞍部；*c*—平宽鞍部

下面的一些特殊地貌，仅用等高线是不能显示其特征的，还必须利用统一规定的符号，并配合高程注记来表示。

（六）绝壁（陡崖、峭壁、陡坎）

坡度很大的陡峭岩壁称为绝壁，又称陡崖、峭壁。土质的陡坡，称为土陡坎。绝壁的坡度一般在70°以上。如图3-16*a*所示，河流右岸为一岩石绝壁，左岸为一陡坎。用等高线



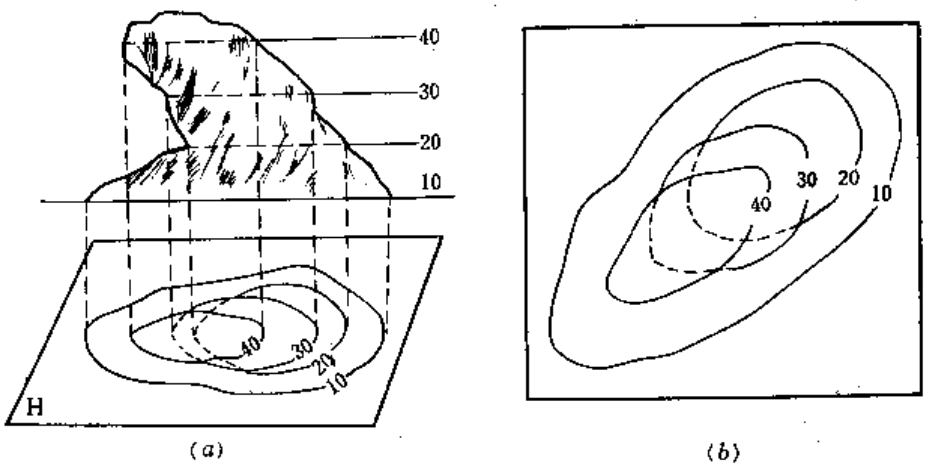
(a)　　(b)

图 3-16　绝壁、陡坎符号及等高线图

和专用符号表示这种地貌，如图3-16*b*所示。

（七）悬崖

峭壁上部突出的地方称为悬崖，如图3-17*a*所示。从图中可以看出，在悬崖处不同高度的等高线是相交的，交点成双，高程高的等高线遮盖高程低的等高线，等高线被遮盖的部分用虚线表示，如图3-17*b*。



(a)　　(b)

图 3-17　悬崖及其等高线投影图

（八）峡谷

两岸为峭壁的狭窄岩石山谷称为峡谷，如图3-18*a*所示。峡谷用特殊符号表示。在地形图上，等高线遇峡谷符号时应断开，如图3-18*b*所示。

（九）冲沟

地面受雨水冲蚀而形成的大小沟壑称为冲沟，如图3-19*a*所示。冲沟在丘陵地区和土质松软的黄土地区比较多见。冲沟也有其特殊的符号，在地形图上，等高线遇冲沟符号应断开，如图3-19*b*所示。

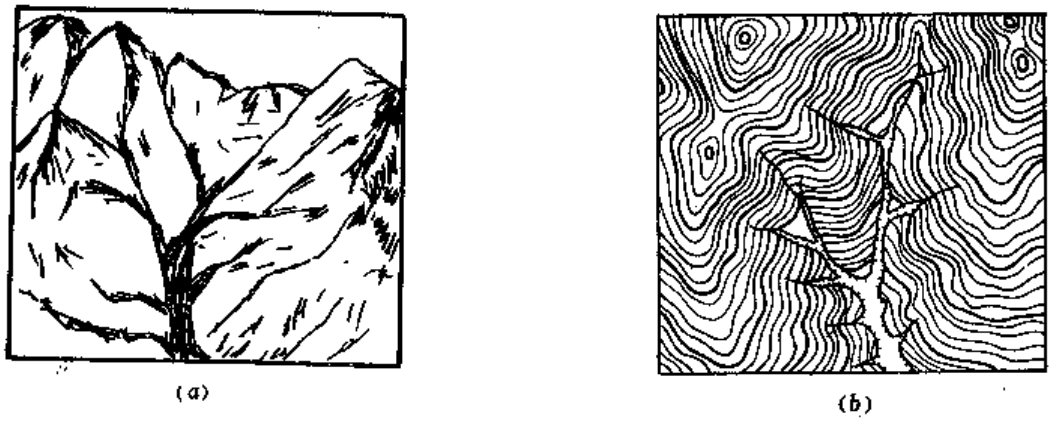
（十）梯田

在山坡或谷地由人工修筑的阶梯状台地称为梯田，如图3-20*a*所示。梯田一般用梯田



(a)　　(b)

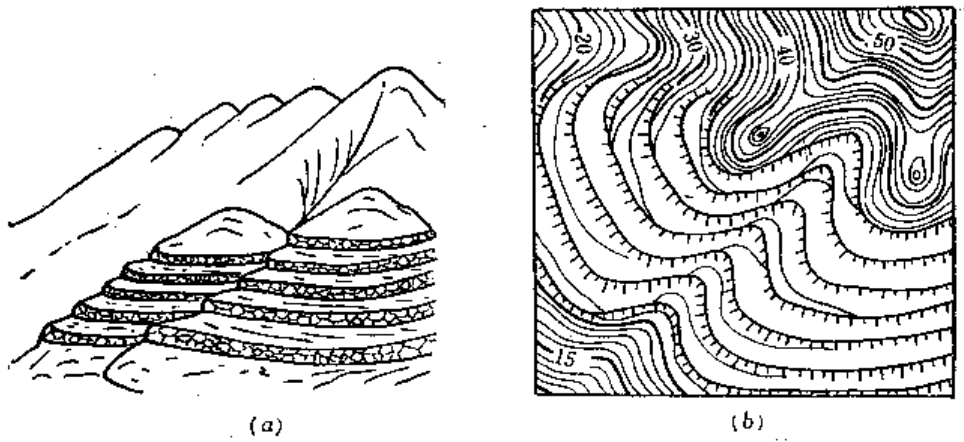
图 3-18　峡谷符号及等高线图



(a)　　(b)

图 3-19　冲沟符号及等高线图

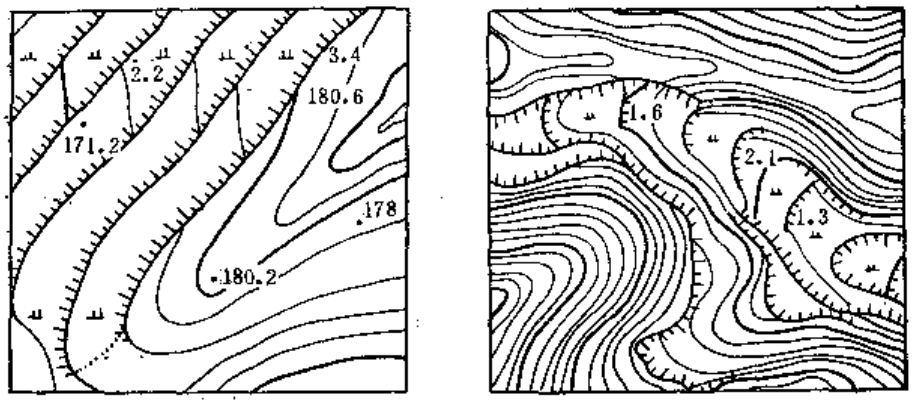
专用符号、等高线和标高注记表示（见本书附录一）。图3-20为一用料石加固的梯田符号及其等高线图。



(a)　　(b)

图 3-20　梯田符号及等高线图

图3-21*a*为一山坡梯田的等高线图，图3-21*b*为一谷地梯田的等高线图。图中都注明了梯田台阶的标高和比高。所谓比高就是梯田坡度的高差与其水平长度之比。



(a) (b)

图 3-21 山坡梯田与谷地梯田的等高线图

综上所述，地貌的形态虽千差万别，但一个地区的地貌却是由一些基本地貌和特殊地貌组合而成的，因此都可以用等高线和统一规定的符号来表示，如图3-22所示。图3-22 *a* 为各种基本地形的综合示意图，图3-22 *b* 为其相对应的等高线图。

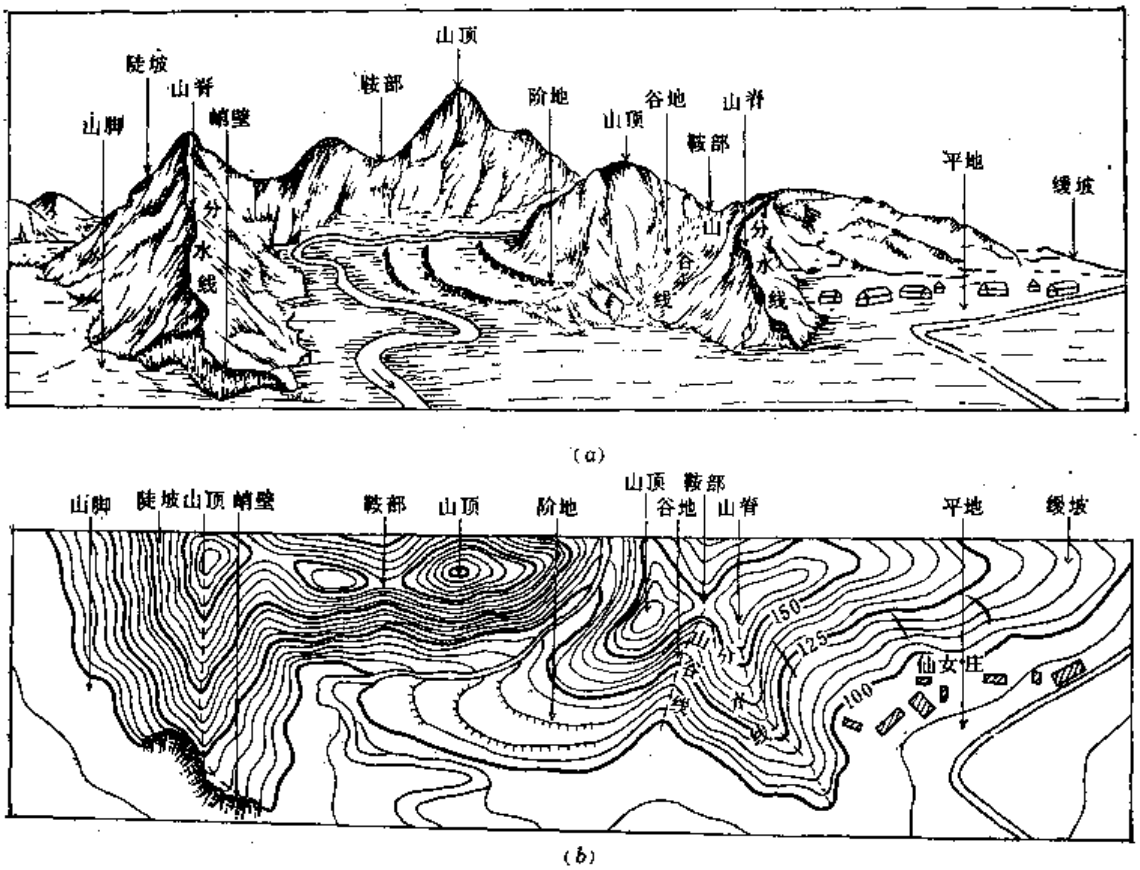


图 3-22 综合的基本地形及其等高线图

第四节 井田区域地形图的识读

识读井田区域地形图，应从整体开始，先看轮廓，后看细部，逐渐深入，这样就能获得较清晰全面的认识。

一、看清图名

矿图的图名说明了测绘的地区、内容和图纸的种类，因此看图时，首先应看清图名，弄清是否为所需的图纸。

二、看图的比例尺

图的比例尺，一般写在图名附近或图的右下角的图签中。知道了图的比例尺，才能了解该图范围的大小和有关尺寸。若图中没有注明比例尺，则可根据图的坐标方格网的坐标值确定出图的比例尺。

矿图的方格网一般都是100mm×100mm，比例尺不同，每个格网所表示的实际间隔也不同，如表3-2所示。根据图中方格网坐标间隔，便可判断出图的比例尺大小。如图3-23的方格网坐标的间隔为500m，由表3-2中可知此图的比例尺为1:5000。

表 3-2 不同比例尺格网的实际间隔

比 例 尺	1:5000	1:2000	1:1000	1:500
坐标格网实际间隔，m	500	200	100	50

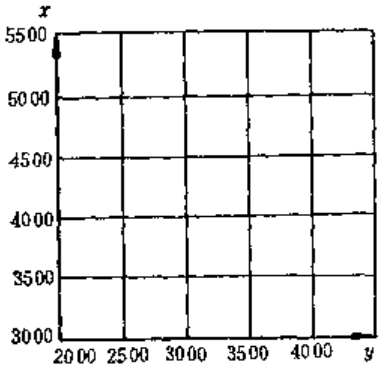


图 3-23 纵横坐标值向北向东递增规律

三、识别图的方向

在图中一般都用箭头标出指北方向。有的图中没有标出指北方向，则可根据坐标值向北、向东逐渐增大的规律来识别出图的方向。如图3-23所示，图中没有指北线，先用箭头表示出坐标值增大的方向，再根据指东方向总是在指北方向右边的规律，即可确定图中向上的箭头是指北的，向右的箭头是指东的。

四、分析地貌概况

按先看轮廓，后看细部的步骤，并根据等高线的特征和各种符号，识别图上的各种地貌，了解该地区的地貌概况。

五、识别地物情况

根据地物符号和注记识别地物情况，了解地物及其分布状况，搞清重要地物的位置。下面举一识图的实例。

图3-24为××矿区××矿井田区域地形图(局部)。图的比例尺为1:5000，因而知道图上1mm等于实际水平长度5m。图中没有标出指北方向的箭头，根据坐标向北向东递增的规律可知该图的上方为北。图西南角点的坐标 $x=3024000$m，$y=20435000$m。

矿田的西北部等高线稠密，因而知该地区坡度较大，有山头、山脊、山谷的地形，地势也较高；越往东南，等高线越稀少，因而地势也趋平坦；东部有一小片洼地。

矿井位于西部山麓，采用立井和平峒开拓；井筒附近有机修厂、洗选厂、变电所、医院、食堂、办公楼等地面建筑；朝阳公路贯穿南北，铁路和高压线从北进入矿区，新河河水自西南向东北方向流去；矿区东北部有工人新村、新建的商场和职工大楼；东南部为朝阳乡政府，乡政府北部为洼地，东部和东北部为菜地和农田；西北部小山包上的三角点，

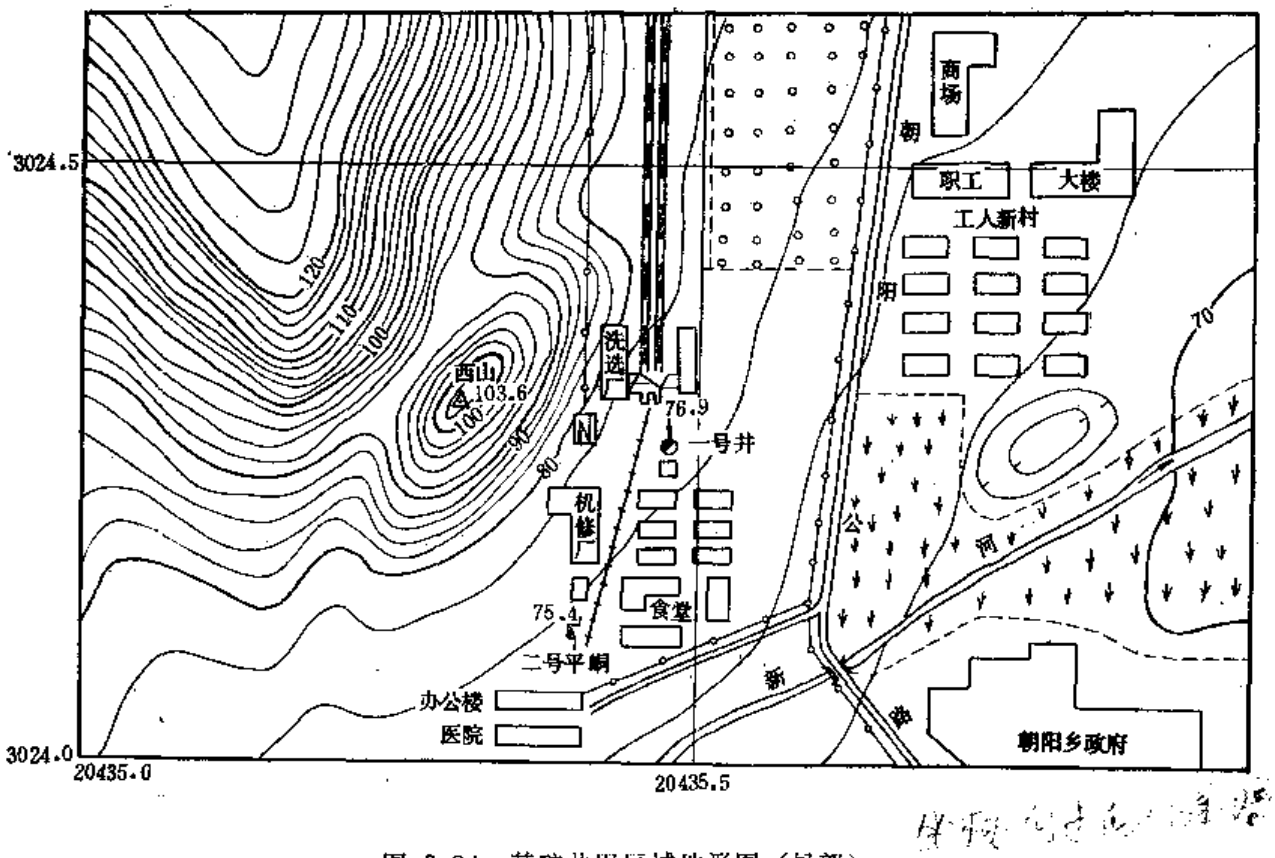


图 3-24 某矿井田区域地形图（局部）

石面高程为103.6m。

第五节 井田区域地形图的应用

井田区域地形图不仅是矿井规划、设计和施工的重要依据，而且还可用来解决工程中的许多技术问题。下面主要介绍应用地形图解决某些技术问题的方法。

一、确定地面某点的高程

在地形图上，地面点的高程是根据等高线来确定的。如果某点位于等高线上，则等高线的标高即为该点的高程。如图2-25 a 所示，A 点表示一个钻孔，它正好位于120m等高线上，则此钻孔孔口标高就是120m。如果点不在等高线上，则要用比例内插法求出该点的高程。如图中B点位于120m和122m两等高线之间，用比例内插求B点高程的方法如下：

过B点作大致垂直于两相邻等高线的直线ef，并作ef的剖面图，如图3-25b所示，量取fB、fe的长度，求出其比值K，即

$$K=\frac{fB}{fe}$$

设h为等高距，H_0为较低点（即f点）的等高线的高程，h_B为B点与f点的高差，H_B为B点的高程，由图3-25a、b可知：

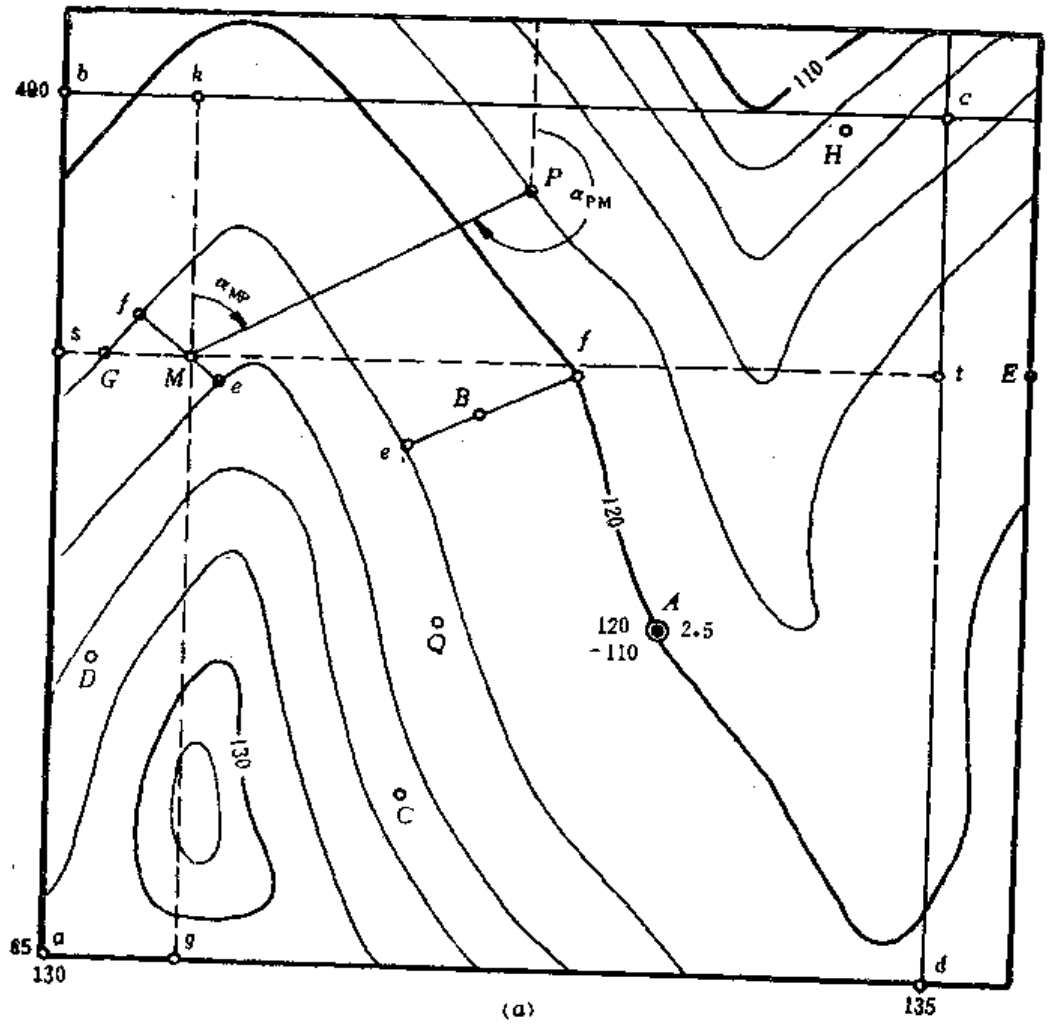
$$\frac{fB}{fe}=\frac{h_B}{h},\quad h_B=\frac{fB}{fe}\cdot h$$

$$H_B=H_0+h_B=H_0+\frac{fB}{fe}\cdot h=H_0+Kh \tag{3-1}$$

在图3-25a中，$h=2$，量得$fB\approx12$，$fe\approx20$，因而可求得B点的高程为

$$H_B=120+\frac{12}{20}\times2=121.2\text{m}$$

在实际工作中，因为等高线本身就有一定的误差，所以经常用目估法求两个等高线之间任意点的大致高程。如图2-25a中C点大致在124m与126m等高线的中间，因而其高程约



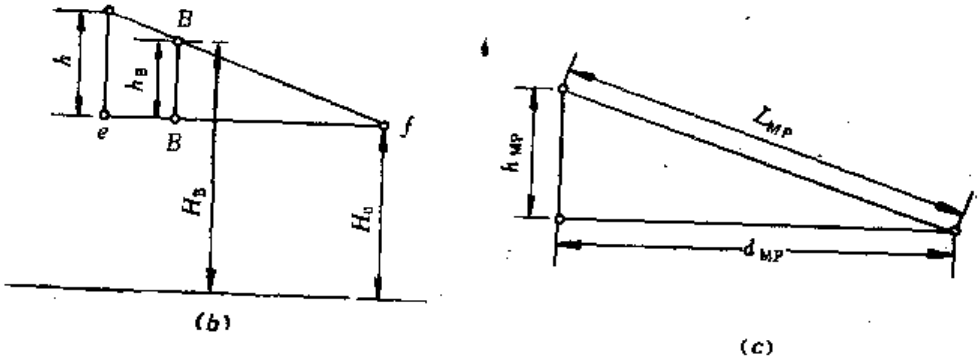


图 3-25　在地形图上求地表点的平面坐标、高程、线段