

输 电 线 路 测 量

湖北省电力建设技工学校 曾贤华 编



输 电 线 路 测 量

湖北省电力建设技工学校 曾贤华 编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书分为三部分。第一部分简述测量的一些基本知识，着重介绍光学经纬仪的构造及其检验和校正方法，以及基本的测量方法；第二部分简介输电线路设计测量程序及视距断面测量方法；第三部分详细叙述输电线路施工测量的方法和步骤。

本书为电力技工学校输电线路工程施工专业的教学用书，也可供从事输电线路施工的工人阅读及有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

输电线路测量/曾贤华编. -北京: 中国电力出版社,
1992 (1997重印)

技工学校教材

ISBN 7-80125-415-5

I. 输… II. 曾… III. 输电线路-勘测-技工学校-教材
IV. TM726

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第20063号

中国电力出版社出版

(北京三里河路6号 邮政编码 100044)

涪林印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

1992年11月第一版 2003年7月北京第四次印刷
187毫米×1092毫米 16开本 8.5印张 187千字
印数 15631—17630册 定价, 8.10元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前 言

本书是根据水利电力部1988年颁发的技工学校教学大纲编写的，主要用作输电线路工程施工专业的教材。

本书的编写内容提纲，承中国电力企业联合会所属技工学校电力专业类教研会输配电教研组成员学校的入会教师热烈讨论，对本书的篇章安排，提出了一些宝贵意见。

本书力求使内容恰当、通俗易懂，基本概念准确清楚；在不同的章节中简要地介绍了目前出现的一些新技术、新工艺、新规程，以开拓读者的视野。

本书初稿经湖北省输变电工程公司黄克信工程师阅读，并提出了许多珍贵意见；大部分插图是湖北省电力建设技工学校袁扬秀老师绘制的，在此一并致谢。

本书由浙西电力技工学校马黎任老师主审，对书稿提出了许多宝贵意见，对此表示衷心的感谢。

由于时间仓促、水平所限，书中不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1990年7月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 测量及其在输电线路工程中的作用	1
第二节 地面点位的确定	1
第三节 距离及丈量方法	4
第四节 直线定向	6
第二章 光学经纬仪	13
第一节 光学经纬仪的结构及各部分的作用	13
第二节 光学经纬仪用望远镜	14
第三节 光学经纬仪的读数系统	15
第四节 光学经纬仪的基本使用方法	19
第五节 光学经纬仪的检验和校正	20
第六节 使用经纬仪的注意事项	24
第三章 基本的测量方法	25
第一节 角度观测	25
第二节 角度测量产生误差原因及注意事项	28
第三节 视距和高差测量	30
第四节 红外光电测距仪简介	33
第四章 输电线路设计测量	36
第一节 输电线路路径方案测量	36
第二节 选定线测量	36
第三节 三角分析法测距	39
第四节 横基线法测距	40
第五节 交叉跨越测量	40
第六节 视距平面断面测量	41
第五章 输电线路施工复测和分坑测量	46
第一节 线路杆塔桩复测	46
第二节 杆塔基础坑的测量	49
第三节 拉线坑位的测量及拉线长度的计算	59
第四节 降低施工基面	69
第六章 杆塔基础的操平找正及杆塔检查	74
第一节 基础坑质量检查	74
第二节 等高塔腿基础操平找正	75
第三节 不等高塔腿基础的操平找正	87

第四节	基础检查	88
第五节	杆塔检查	91
第七章	架空线弧垂观测及检查	96
第一节	弧垂观测档的选择及弧垂值的计算	96
第二节	异长法观测弧垂及弧垂检查	101
第三节	等长法观测弧垂	107
第四节	角度法观测弧垂及弧垂检查	108
第五节	平视法观测弧垂	118
附录	视距计算表	124

第一章 绪 论

第一节 测量及其在输电线路工程中的作用

测量学是研究地球的形状和大小，以及确定地面（包含空中和地下）点位的科学。测量学按其研究范围和对象不同，产生了许多分支学科，如普通测量学、大地测量学、摄影测量学，以及工程测量学。为输电线路工程建设所进行的测量就是工程测量学中的一种。测量学的内容包括测定和测设两个部分：测定是指通过使用测量仪器及工具进行测量和计算，把地球表面的地形按比例绘制成地形图，供科学研究、经济建设、规划设计使用；测设是指把图纸规划设计好的建筑物、构筑物的位置在地面上标定出来，作为施工的依据。

测量工作在输电线路工程的建设中，占有极重要的地位。在线路工程设计阶段要依据地形图、地质图选择和确定线路路径方案；要到实地对路径中心进行测设，测量所经地带的地物、地貌，并绘制成具有专业特点的输电线路平断面图，为电气、结构设计、施工及运行维护提供科学依据。在工程施工阶段，要依据上述平断面图，对杆塔位置进行复核，要依据杆塔中心桩位准确地测定杆塔基础位置，对架空线的弧垂要精确测设。施工完毕后，对基础、杆塔、架空线弧垂的质量须进行检测，以保证输电线路的运行安全。

一般来说，线路路径的测设及绘制平断面图是由设计部门的专业人员负责完成的，而测设线路路径中所使用的测量方法及平断面图，在施工测量中都需借鉴利用。所以，从事线路施工的人员必须掌握测量学中的一些基本知识和技能。因此，将“输电线路测量”定为输电线路工程施工专业的一门必修专业技术课，是非常必要的。

测量学是一门实践性很强的应用科学。为了学好本课程，应该在理解基本概念和了解各种测量方法的基础上，加强实践操作过程，以达到熟悉掌握的目的。

第二节 地面点位的确定

在测量中，把地球表面复杂多样的形态，分为地物和地貌两大类。地面上固定的河流、湖泊、房屋和道路等称之为地物；地面上高低起伏的形态称之为地貌。地物和地貌的总称叫地形。尽管地形的变化是多种多样十分复杂的，但各种地形都是由一系列连续不断的点所组成。只要将反映地物和地貌轮廓线具有特征意义的点，测定出来并按比例绘制到图纸上，就可以获得地形图。

如图1-1所示，图(a)中点1~6是反映房屋平面位置轮廓线的特征点，只要把这些点的平面位置确定以后，顺序地连接这些点，房屋的平面形状也就反映出来了。同理，图(b)中点1~5是反映地面起伏坡度变化的特征点。因为各段内坡度变化是一致的，所以只要确定1~5各点的高程和平面位置后，地貌的形态也就反映出来了。



图 1-1 地形特征点
(a)地物特征点; (b)地貌特征点

一、地面点的高程

一切测量工作的根本任务就是确定地面点的位置。确定地面点的点位，就是确定它的平面位置和高程。要确定点的平面位置和高程，首先要确定一个投影基准面，在测量中一般是以大地水准面作为投影基准面。青岛观潮站所测量的平均海水面，是我国统一规定的大地水准面，并以它作为高程的起算面，称为黄海高程系。

地面点投影到大地水准面的铅垂距离，称之为绝对高程，简称高程。如图1-2中地面点A及B的绝对高程记为 H_A 及 H_B 。在测量中，也常假设一个水准面作为高程的起算面，地面点到这个假设水准面的铅垂距离，称之为相对高程，记为 H' ，如图中的 H'_A 及 H'_B 所示。地面上两点高程的差值，称为高差，以 h 表示。

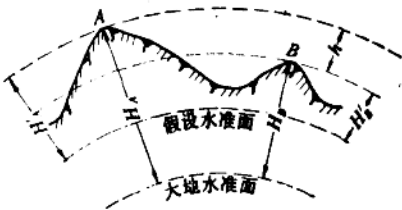


图 1-2 绝对高程和相对高程

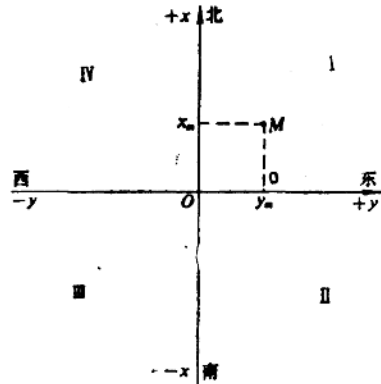


图 1-3 平面直角坐标

二、地面点在投影面上的坐标

测量中常用下列三种坐标系，确定地面点在平面位置的投影坐标。

(一) 地理坐标

通常用经、纬度来表示某点在地球表面上的位置。

(二) 平面直角坐标

测区半径在10km范围以内时，将地球表面近似地看成平面，测区内的地面点位就可以用图1-3来表示，南北方向为纵轴（ x 轴），东西方向为横轴（ y 轴）。为了使测区内各点的坐标值（ x ， y ）均为正值，通常都使地面点投影在第I象限内，如图中 M 点的坐标记为（ x_m ， y_m ）。

(三) 高斯平面直角坐标

高斯平面直角坐标一般都是用于大面积的测区。高斯平面直角坐标是从起始经度线（通过英国格林威治天文台）起，按每 6° 为一投影带构成独立坐标系。每带的中央经线为纵坐标轴，地球的赤道线为横坐标轴，每带中央经线与赤道的交点为坐标原点。原点以北为正，以南为负。我国地处北半球，纵坐标均为正值。而横坐标是以带中央经线算起，向东为正，向西为负。为使坐标横轴不出现负值，国家规定将每带的坐标原点西移500km，如图1-4所示。同时，为了提示投影是哪一个带，还规定在横坐标值前面要加上带号，如

$$x_s = 347348.975\text{m}$$

$$y_s = \boxed{18} 667344.558\text{m}$$

式中方框中的18，表示第十八带。

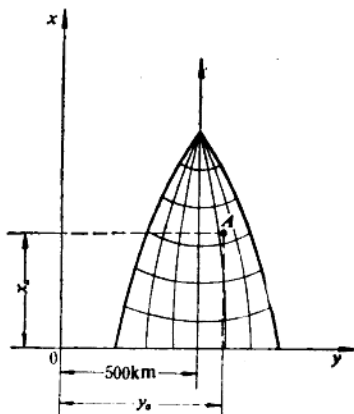


图 1-4 高斯平面直角坐标

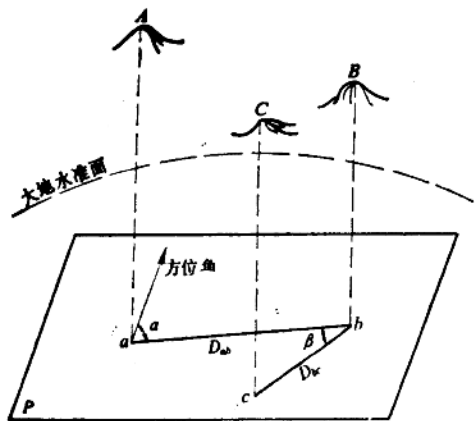


图 1-5 地面点间的位置关系

三、确定地面点位的三个基本要素

如图1-5中， A 、 B 、 C 三个地面点在任一高度的水平面 P 上的投影为 a 、 b 及 c 。为确定 A 、 B 、 C 三地面的位置需进行下述测量工作：测量投影面上 ab 、 bc 的水平距离 D_{ab} 及 D_{bc} ；测量投影面上 ab 直线与纵轴方向的夹角 α （方位角），以及 ab 与 bc 两直线段之间的夹角 β 值（水平角）；最后还要测量出 A 、 B 、 C 三点之间的高差 h_{ab} 、 h_{bc} 。如果已知三点中任一点的高程，则其他两点的高程也可以计算求得。

由以上示例可知，初始点位与地面点间的位置关系是以距离、水平角和高程来决定的。所以，测距、测量水平角及高差是确定地面点位的三个基本要素。

第三节 距离及丈量方法

丈量两点间的距离是测量的基本工作之一。距离丈量的目的是测量地面上两点间的水平距离，即这两点各自铅垂投影在水平面上的距离。

距离测量可根据不同的精度要求，采用不同的测量仪器和测量方法。现在有利用电磁波测距，有利用光学经纬仪和三角、几何关系的间接测距，还有利用尺子直接丈量两点间距的距离丈量。本节仅介绍后一种方法。

一、距离丈量的工具

(一) 钢尺、皮尺和绳尺

钢尺又称钢卷尺，用带状薄钢片制成。它广泛用于精度较高的量距工作，测量中常使用30m和50m两种钢尺。

皮尺又称布卷尺，因皮尺是用麻布制成，其伸缩性大，所以仅限于精度要求不高的丈量工作。常用的有20、30m和50m三种。

绳尺是用含有金属丝的麻线编织而成，外面每隔1m嵌有一个小铜皮，铜皮上刻有长度数字。绳尺有50m和100m两种，一般用于精度要求较低而距离又较远的丈量中。

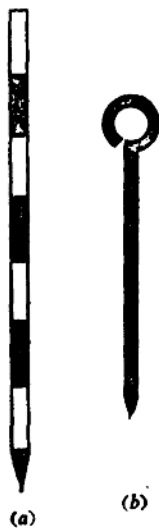


图 1-6 测量工具
(a)花杆；(b)插杆

(二) 花杆和插杆

花杆是用来标定点位和显示直线方向的。杆面上涂有20cm红白相间的油漆，以便远处能清楚可见，如图1-6(a)所示，花杆一般有2m和3m两种。

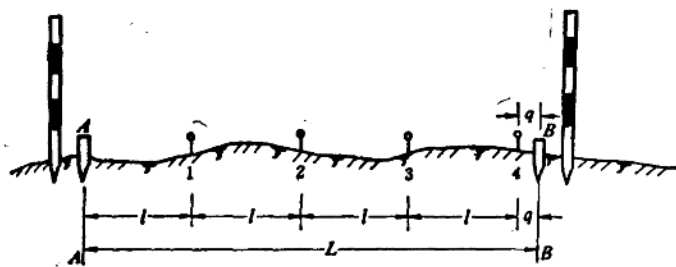


图 1-7 平坦地面两地面点直线丈量

插杆如图1-6(b)所示，它是用来标志所量尺段的迄点和计算已量过的整尺段数。在经纬仪视距很近时，它又可顶花杆用。

二、钢尺量距的一般方法

(一) 平坦地面的直线丈量

丈量前，先将待量距离的两个端点A、B用木桩（木桩上钉小钉）标志出来，再在木

桩的外侧各立一花杆，如图1-7所示。尔后，清除量距间的障碍物，即可开始丈量。丈量工作一般由2人担任。后拉尺人(称后尺手)在A点的后面，手持钢尺的末端。前拉尺人(称前尺手)手持钢尺的首端，并携带一束插钎，沿AB直线方向前进，走到一整尺段时停下。后尺手以手势指挥前尺手将钢尺拉在AB直线方向上，后尺手以钢尺的终点对准A点。当两人同时把钢尺拉紧、拉平和拉稳后，前尺手在尺的零刻划线处，竖直地插下一根插钎于地面，即得1点，这样便得到第一个整尺段。然后两尺手同时举尺前进，依同样方法量出第二整尺段时，后尺手拨起1点的插钎。依此法继续丈量下去，直至量到最后不足整尺时，前尺手仍将尺的零分划线对准B点，由后尺手直接读取最后一根插钎中心对准钢尺上的刻划线q值，并抽起这根插钎，则A、B两点间的距离为

$$L = nl + q \quad (1-1)$$

式中 L ——A、B两点间的距离，m；

n ——插钎数；

l ——钢尺整尺长度，m；

q ——不足一整尺的余长，m。

为了校核和提高丈量的精度，可往返丈量一次或同向丈量两次，取两次丈量的平均值作为两点间的距离。而两次丈量中的差值 ΔL 与距离平均值 L 之比，称为相对误差，以 K 表示，即

$$K = \frac{L_1 - L_2}{\frac{L_1 + L_2}{2}} = \frac{\Delta L}{L}$$

在距离丈量中，一般都将相对误差化为 $\frac{1}{N}$ 的形式，即

$$K = \frac{1}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{1}{N}$$

【例 1-1】 设图1-7中往测时为132.48m，返测时为132.43m，距离的平均值为132.455m。试求其相对误差。

$$\text{解 } K = \frac{1}{\frac{132.48 - 132.43}{132.455}} = \frac{1}{\frac{0.05}{132.455}} = \frac{1}{0.000377} \approx \frac{1}{2650}$$

K 值是衡量距离丈量精度的标准，输电线路距离丈量中的 K 值精度，一般在 $\frac{1}{2000}$ 之内。

(二) 倾斜地面的直线丈量

沿倾斜地面丈量距离，仍可食用上述方法，但每次拉尺时需将钢尺拉成水平，其钢尺距地面的高度以不超过前尺手胸部为宜。可用垂球线对准钢尺的零刻划线，垂球尖于地面处插入插钎，如图1-8所示。依此顺次丈量，累计各次量距尺数，便可算出AB间的水平

距离值。用这种方法量距，产生误差的因数很多，使得精度不高，一般为 $\frac{1}{1000}$ 左右。

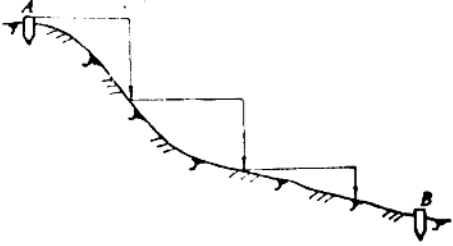


图 1-8 倾斜地面的直线丈量

(三) 距离丈量的注意事项

距离丈量工作是一项比较细致的工作，所以，在距离丈量中应注意：

(1) 前、后尺手应配合一致，尽量减少定线误差；并做到量距拉尺时，拉力均匀、拉平及拉稳，应尽量消除由于拉尺或读数产生的误差。

(2) 量距时需往返各量一次或同向

顺量两次，两次量测结果之差值不应超过技术规定的要求，否则应重新丈量。

(3) 量距的钢尺须经检验合格，方可使用。丈量中拉尺前进时，应使尺悬空，不让钢尺在地上拖拉及扭折。

(4) 钢尺用完后，应擦拭干净，涂油防锈。

第四节 直线定向

测量中是以直线与标准方向线间的水平夹角来确定直线的方向，称为直线定向。

一、标准方向线及方位角

测量中用的标准方向线有下列三种：

(一) 真子午方向线

过地面上某点指向地球南北极的方向线，称为真子午线。真子午线方向是用天文测量方法测定的。

(二) 磁子午方向线

磁针在地球磁场的作用下，自由静止时其磁针轴线所指的方向，称为磁子午方向线。磁子午线方向可以用罗盘仪测定。

(三) 坐标纵轴方向线

高斯平面直角坐标是以该带的坐标纵轴方向，作为标准方向线。

(四) 方位角

过地面某点O同时作真子午线、磁子午线及坐标纵轴方向线，由于这三种标准方向线之间存在着性质上的区别，所以它们不重合，如图1-9所示。由上述三种标准方向线的北端顺时针方向量到某一直线的水平夹角，称为方位角，如图中A为真方位角， A_m 为磁方位角， α 为坐标方位角。各种方位角都是测量中用来表示直线方位的，方

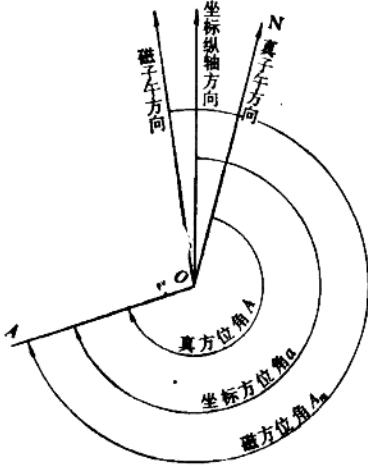


图 1-9 方位角

位角的变化范围为 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 。

二、象限角

测量中为了计算的方便，常取直线与标准方向间所夹的锐角来表示直线的方向，即由标准方向线的北端或南端，顺时针或逆时针方向量到某一直线的锐角，称为象限角，以 R 表示。象限角的变化范围为 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 。用象限角表示直线的方位时，要标注直线所在象限的名称，如图1-10中，直线 OA 的象限角为北东 30° ， OB 为南东 $45^{\circ}30'$ ， OC 为南西 $60^{\circ}21'$ ， OD 为北西 $50^{\circ}10'$ 。象限角与坐标方位角之间可以换算，见表1-1。

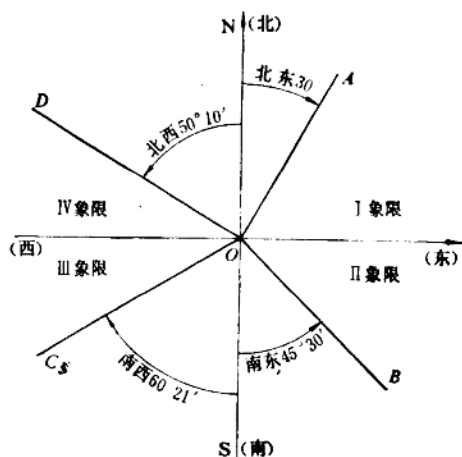


图 1-10 象限角

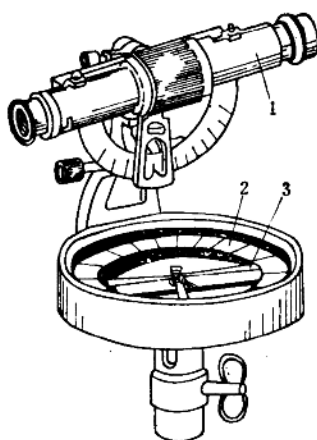


图 1-11 罗盘仪

1—望远镜；2—刻度盘；3—磁针

表 1-1 坐标方位角 α 与象限角 R 换算表

象 限	由坐标方位角 α 换算象限角 R	由象限角 R 换算坐标方位角 α
北东(象限 I)	$R = \alpha$	$\alpha = R$
南东(象限 II)	$R = 180^{\circ} - \alpha$	$\alpha = 180^{\circ} - R$
南西(象限 III)	$R = \alpha - 180^{\circ}$	$\alpha = 180^{\circ} + R$
北西(象限 IV)	$R = 360^{\circ} - \alpha$	$\alpha = 360^{\circ} - R$

三、用罗盘仪测定直线的磁方位角

罗盘仪是测定直线的磁方位角和磁象限角的仪器。罗盘仪的结构简单，使用方便，精度较低，但输电线路在踏勘设计测量时，也常用它测量线路转角的方向。

罗盘仪主要是由磁针、刻度盘和望远镜组成，如图1-11所示。

磁针是用人造磁铁制成的，磁针的球窝支在刻度盘中心的顶针上，可以自由转动，如图1-12所示。为了减少顶针尖的磨损，罗盘内还装有一个杠杆及制动螺旋。不使用时，拧紧制动螺旋，使杠杆顶起磁针，并紧压在玻璃上，则顶针尖与磁针分离，避免了顶针尖不必要的磨损。

罗盘仪的刻度盘是非磁性金属圆环，按 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 逆时针方向注记，最小刻划线是 1° 或 $30'$ ，每 10° 有一标注，称此为方位角罗盘；还有一种按 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 注记的象限罗盘，如图1-13所示。

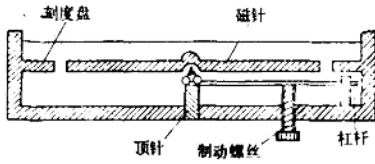


图 1-12 刻度盘和磁针结构原理图

望远镜是罗盘仪的瞄准装置。用罗盘仪测量直线方向时，首先把罗盘仪安置在直线的始端，并将它置于水平，放下磁针，用望远镜瞄准直线的另一端，当磁针自然静止时，即可按磁针指北端读数。如图(a)中所示方位角为 300° ；图(b)中所示象限角为北西 60° 。

为北西 60° 。

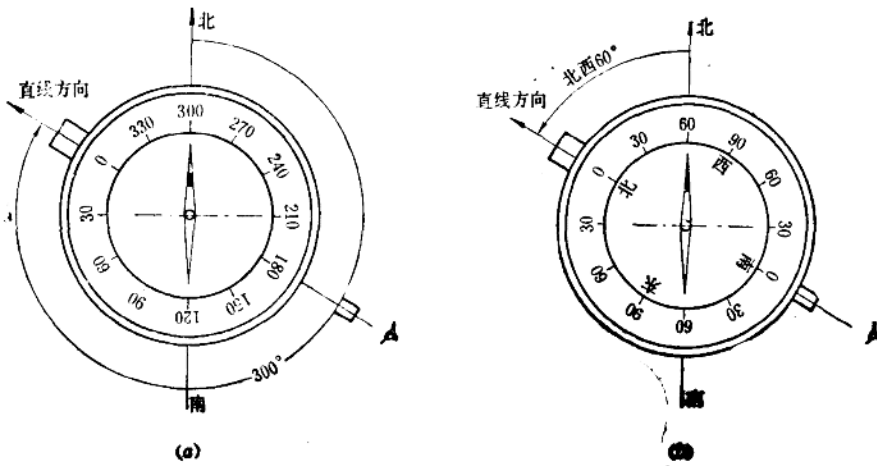


图 1-13 罗盘读数
(a)方位角罗盘；(b)象限角罗盘

四、地形图知识简介

将地面上的各种地形沿铅垂线投影到水平面上，再按一定的比例缩小绘制成图，图上反映出地物的平面位置，并用特定的符号表示出地貌情况，这种图称之为地形图。

地形图是地物、地貌在图纸上的客观反映，因此，输电线路的规划设计及线路设计测量都必需依据于地形图，线路施工中的接桩、复测及器材运输也经常要借助于地形图。所以，对地形图知识也应有一个最基本的了解。

(一) 地形图比例尺

地形图上任意一线段的长度与它所代表的地面上实际水平长度之比，称之为地形图比例尺。比例尺分母愈小，比值愈大，比例尺愈大；比例尺分母愈大，比值愈小，比例尺也愈小。通常把 $1:10000$ 、 $1:5000$ 、 $1:2000$ 、 $1:1000$ 和 $1:500$ 的称为大比例尺地形图， $1:100000$ 、 $1:50000$ 和 $1:25000$ 的称为中比例尺地形图， $1:1000000$ 、 $1:500000$ 和 $1:200000$ 的称为小比例尺地形图。地形图比例尺越大，图上显示的地形就越详细；地形图比例尺越小，图上显示的地形就越简略。线路工程中常用 $1:50000$ 的中比例尺地形图。

(二) 读图知识

为了便于读图，国家测绘总局制定了地形图的格式、符号和注记。图 1-14 是一幅 1:50000 的地形图的图幅。图幅中的方形格网是高斯平面直角坐标轴线，竖线为纵轴，横线为横轴。但读图时，应将横线看成是纵坐标，注记在横线的两端；将纵线看成是横坐标，注记在纵线的两端。两平行直线的间距为地面上 1km 的实际距离。图幅中的四角注记了全坐标数，如图幅中西南角的坐标是：经度 $102^{\circ}30'$ 、纬度 $25^{\circ}00'$ ；格网线的纵坐标是 2769km、横坐标是 18248km，其余坐标线只注记千米数的最后两位数字。

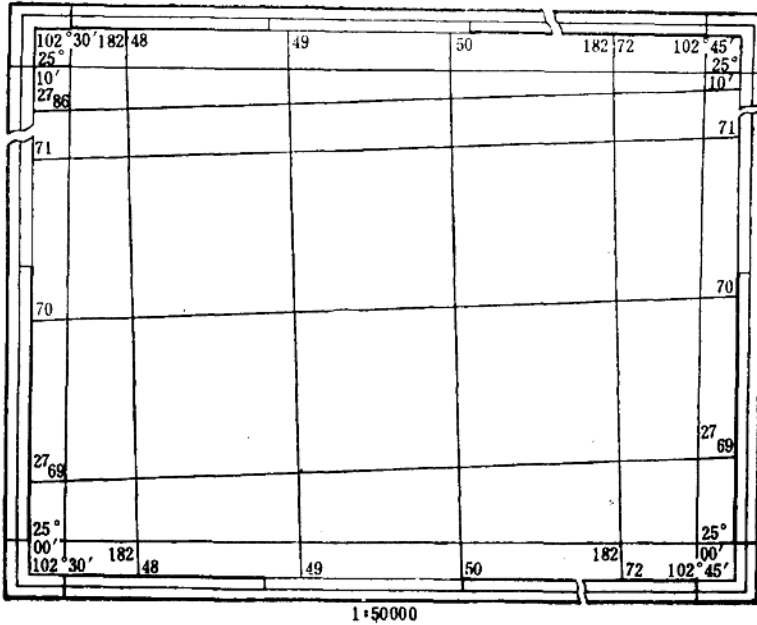


图 1-14 地形图图幅

地形图中的符号主要分为地物符号、地貌符号和注记符号三种，它们表示实际的地物和地貌，这些符号的总称为地形图图式，如表 1-2 所示。

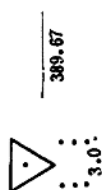

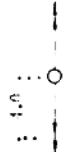

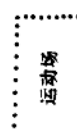

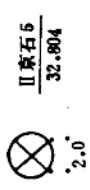





房屋、铁路、道路、桥梁、河流等地物符号，是按测图比例尺缩小的规定符号表示，称为比例符号。而界碑、水井等地物是用非比例特定符号表示的。

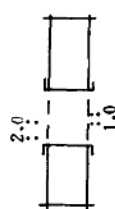
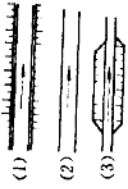
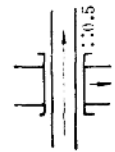


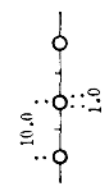
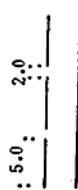
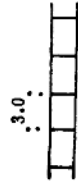
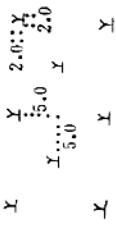
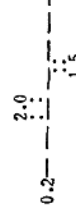
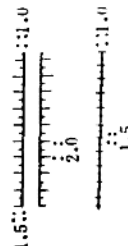
反映地面起伏变化的地貌符号，一般是用等高线来表示，而峭壁、冲沟、梯田等特殊地貌，在其实际轮廓线中用相应的符号表示。

图式中用文字表示地名、专用名称等；用数字表示等高线的高程、房屋的层数；箭头表示水流的方向，这些都称为注记符号。

表 1-2

地形图图式表

序号	符号名称	图例	符号名称	图例	序号	符号名称	图例
1	三角点(分子 注点号, 分母注 高程)		永久性房屋 (三层永久性房 屋)		9	高压电线	
2	导线点(分子 注点号, 分母注 高程)		运动场		10	地下管道检修井	
3	水准点(分子 注点号, 分母注 高程)		普通烟窗		11	消火栓	
4	普通房屋(二 层普通房屋)		低压电线		12	单轨铁路	

序号	符号名称	图例	序号	符号名称	图例	序号	符号名称	图例	序号	符号名称	图例
13	隧道及入口		17	水果 (1)有堤岸的 (2)一般的 (3)有沟壑的		21	输水槽(渡槽)				
14	公路及街道 (加说明注记如 水泥、沥青、 砂砾等)		18	桥 (1)人行桥 (2)车行桥		22	栅栏杆				
15	大车路		19	围墙		23	菜园				
16	人行小路		20	堤坡		24	河流、湖泊、 水陆、水曲线及 流向	