

全国高等农业院校试用教材

测量学

河北农业大学主编

果树专业用

农业出版社

全国高等农业院校试用教材

测 量 学

河北农业大学主编

(果树专业用)

农 业 出 版 社

主 编：河北农业大学

编著者：河北农业大学 曾宪思 赵德熊 梁玉坤

华中农学院 梁间光 郭宏俊

华南农学院 梅仰生

山东农学院 陈子澜

全国高等农业院校试用教材

测 量 学

河北农业大学主编

农业出版社出版 新华书店北京发行所发行

农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 13 印张 1 插页 311 千字

1979 年 7 月第 1 版 1979 年 7 月北京第 1 次印刷

印数 1—20,000 册

统一书号 13144·197 定价 1.40 元

前 言

本教材按测量仪器的使用，测图，用图，专业应用的顺序安排章节，由浅入深，循序渐进。测量仪器以常用的基本仪器为主，考虑到当前农业部门的实际，游标经纬仪仍列入篇幅。同时，适当编入部分行之有效的简易仪器及其使用方法。在第五章（平板仪测量）编入小平板测绘平面图，是为地形图的测绘，打下控制到碎部的成图概念。此外，考虑到航测的广泛应用和学科的发展，本书附录中对航测像片的应用和电磁波测距作了简单介绍。在渠道及道路测量一章里，除了讲述基本测量方法，对果园规划中小渠道和道路设计的基本知识也作了简介。

鉴于我国幅员辽阔，自然条件差异较大，各地建园测量要求不完全一致，故在测图部分以地形图为主还是以平面图为主，各院校可视所在地区的具体情况而定。测图控制部分，各院校也可根据具体情况酌情选教解析法或图解法，相应的对经纬仪教学时数可适当增减。本书各章附有一定数量的复习题。

本书编写过程中，得到全国各地测绘仪器厂寄来不少资料和照片，给我们帮助很大。西南农学院、东北农学院、西北农学院、浙江农业大学、华南农学院、河南农学院均派人参加审稿；福建农学院、湖南农学院、广西农学院、安徽农学院、河南百泉农学院、河北林业专科学校均对书稿提供了宝贵意见。我们在此表示衷心的感谢。

一九七八年七月

目 录

第一章 测量学的基本知识	1
§ 1—1 测量学的任务、分类及其在社会主义建设中的作用	1
§ 1—2 平面图、地形图、地图、断面图	2
§ 1—3 比例尺	2
§ 1—4 图例符号	4
§ 1—5 测量常用的计量单位	12
§ 1—6 地面点位的测定	13
§ 1—7 测量误差概述	14
第二章 直线丈量和直线定向	16
§ 2—1 直线丈量的概念	16
§ 2—2 直线定线和直线丈量	17
§ 2—3 直线丈量的误差来源及丈量时应注意事项	19
§ 2—4 直线定向的概念	20
§ 2—5 罗盘仪及其使用	22
第三章 水准测量	25
§ 3—1 概 述	25
§ 3—2 水准测量原理	26
§ 3—3 水准测量仪器及工具	27
§ 3—4 普通水准测量的方法及注意事项	30
§ 3—5 水准测量的精度要求及校核方法	33
§ 3—6 微倾水准仪的检验与校正	35
第四章 经纬仪及视距测量	39
§ 4—1 角度测量的概念	39
§ 4—2 经纬仪的构造	40
§ 4—3 经纬仪的安置	48
§ 4—4 水平角观测	49
§ 4—5 竖直角观测	51
§ 4—6 经纬仪的检验与校正	55
§ 4—7 角度观测中的误差简析与注意事项	59
§ 4—8 视距测量	60
第五章 平板仪测量	69
§ 5—1 平板仪测量的原理	69
§ 5—2 平板仪的构造	69
§ 5—3 平板仪的安置	72

§ 5—4 平板仪测定点位的基本方法	73
§ 5—5 用小平板仪测绘平面图	75
第六章 小地区控制测量	79
§ 6—1 控制测量概念	79
§ 6—2 经纬仪导线	79
§ 6—3 小三角测量	87
§ 6—4 图解三角网	92
§ 6—5 控制点高程的测定	93
第七章 地形测图	96
§ 7—1 地形与等高线	96
§ 7—2 测图前的准备工作	99
§ 7—3 平板仪加密控制点	101
§ 7—4 碎部测量	102
§ 7—5 地形图的拼接与整饰	106
§ 7—6 地形图的缩放与晒印	107
第八章 地形图的应用	111
§ 8—1 概 述	111
§ 8—2 地形图的阅读	111
§ 8—3 地形图的一般应用	113
§ 8—4 地形图的野外应用	120
§ 8—5 在地形图上求面积	123
第九章 渠道及道路测量	129
§ 9—1 概 述	129
§ 9—2 渠道选线及中线测量	129
§ 9—3 渠道纵断面水准测量	130
§ 9—4 横断面测量	132
§ 9—5 渠道设计的基本知识	134
§ 9—6 渠道纵断面图的绘制	139
§ 9—7 渠道横断面图的绘制	140
§ 9—8 盘山渠测量	140
§ 9—9 渠道土方计算及施工放样	143
§ 9—10 道路测量	145
第十章 平原地区建园测量	151
§ 10—1 概 述	151
§ 10—2 平整土地	152
§ 10—3 平坦地区建园放样	159
第十一章 山丘地区建园测量	163
§ 11—1 概 述	163
§ 11—2 水平梯田设计	164
§ 11—3 梯田测量	171
§ 11—4 山丘地区建园施工	179

附录

一、航空摄影测量概念及其在果园规划中的应用	184
二、电磁波测距简介	195

附 图

第一章 测量学的基本知识

§ 1—1 测量学的任务、分类及其在社会主义建设中的作用

一、测量学的任务

测量学是一门量度地球表面的应用科学。它的任务是：

1. 测定地球表面某一局部地区的形状、高低和大小，按一定的比例缩小绘制成图，以供各项生产建设和国防的需要。
2. 测定整个地球的形状与大小，作为测量计算和研究地壳升降、大陆变迁、海岸线移动等问题的依据。
3. 将各种工程建筑物的设计或大田、果园的规划设计测设于现场，此类工作称为放样。

二、测量学的分类

测量学和其它学科一样，它的产生和发展始终都是由生产决定的。起初，人类为了农业生产和灌溉的需要，要求量测地块的边界、形状、面积和高低，为了满足这一需要，逐步发展形成了普通测量学。普通测量学是根据将地球表面投影到平面的原理进行的，由于地球是个半径约为6371公里、两极方向略扁的球体，因而普通测量仅适用于小面积地区。随着生产力的不断发展，要求测量的地区也日益增大。当测量的区域大于半径为10公里的范围时，若仍用普通测量的方法，就会出现较大的误差。只有顾及地球曲率的影响，才能完善地解决大面积地区的测量问题。为此，逐步发展形成了大地测量学。

随着科学技术的发展，目前已广泛地应用航空摄影像片来测绘地形图，这就是航空摄影测量学。此外，在测量学的领域内还有专门为各种工程建设服务的工程测量学和研究地图编绘和复制的制图学。

近年来，由于光学和电子学的发展，也为测量开辟了新的途径。目前，电磁波测距仪和电子计算机已日益普遍地使用于测量工作中。

本书为满足果树专业的需要，主要介绍普通测量学中的基本内容：其中包括基本测量仪器的构造和使用；距离、角度、高程的基本测量方法；小面积地区的测绘工作以及有关果园建立中的测量技术。

三、测量在社会主义建设中的作用

测量在社会主义生产建设的各个领域都有着十分重要的作用。

在工程建设方面，例如兴建工业企业、修筑铁路公路、开发矿山油田、建设城市乡镇、兴修水利工程等都需要测量成果作为设计和施工的依据。

在国防方面，修建军事工程、部署战役、指挥战斗等也都需要通过测量绘制的详细准确的地形图。

在农业生产中,要大幅度地提高产量,必须实行科学种田。为此,必须对耕地和可开垦荒地的面积大小、地形起伏、土壤类别、肥源和水源的分布等情况进行充分的了解,编制合理的种植计划。同时,还要进行大量的农田基本建设,合理地设置排、灌渠系和道路、林带,进行山、水、田、林、路综合规划治理,所有这些都必须以有关的测量资料作为依据。在规划设计完成后,还必须通过测量付诸实施。

在建立果园时,必须首先了解建园地区的地物、地貌、面积、植被、土壤、水源等情况,据以进行果园的规划与设计,而所有这些资料都可以从地形图和根据地形图绘制的土壤图上获得。较大果园的规划设计应在地形图上进行。在建园过程中,作业区的划分、梯田的开挖、等高线的测设、定植坑位的确定等,也都必须通过测量工作来实现。

由此可见,测量无论在工农业生产和国防方面所处的地位都是十分重要的。

§ 1—2 平面图、地形图、地图、断面图

测量的对象是地球表面,而地球表面所包含的内容是多种多样十分复杂的,总的说来,可分为地物和地貌两大类。地物是指地面上天然的或人工的固定物体,如房屋、道路、河流、沟渠、林木等。地貌是指地面的高低起伏形状,如山岭、洼地、河谷、平原等。

测量的成果常以图的形式表示,图的种类有平面图、地形图、地图和断面图四种。

当测区的面积较小时,可采用将地表面沿铅垂线方向投影到平面上再按一定的比例缩小的方法,绘成与实地相似的图。在这类图中,有的只表示测区内地物的平面位置,称为平面图;有的不仅表示出测区内地物的平面位置,而且还用等高线(即地面上同高点的连线)表示出测区的地貌,称为地形图。例如本书末页所附教学用图即为红旗果林场的地形图。若将图内等高线全部去掉,则该图即成为平面图。

当需要将大面积地区或整个地球表面绘制成图时,必须考虑地球曲率的影响,采用特殊的投影方法,才能达到目的。这种利用地图投影的方法获得的描绘大面积地区形状和大小的图,称为地图。例如常见的全国地图、世界地图等。

在进行渠道、道路等工程建设时,需要了解工程沿线的地面起伏状况,为此目的而测绘的表示地面上某一方向起伏形状和大小的图,称为断面图。例如本书 § 9—6 中的图 9—10 即为渠道纵断面图。

§ 1—3 比例尺

无论是平面图、地形图、地图或断面图,都不可能按照实地真实的大小进行绘制,必须依一定的比例加以缩小。经缩小后,图上的直线长度与地面上相应的直线水平距离之比称为图的比例尺。若设图上直线长度为 l , 相应的实地直线水平距离为 L , 则图的比例尺可用下式表示:

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

式中:

$M = \frac{L}{l}$, 为图的缩小倍数。

一、数字比例尺

以分子为1的数字分式表示的比例尺称为数字比例尺, 例如1/500, 1/1000等。数字比例尺也可写成如1:500、1:1000的形式。

比例尺的大小取决于数字比例尺分数值的大小, 分母愈小, 分数值愈大, 比例尺也愈大。反之, 分母愈大, 分数值愈小, 比例尺也愈小。测量上将比例尺为1/5000和1/5000以上的图称为大比例尺图, 比例尺为1/10000—1/100000的图称为中比例尺图, 比例尺为1/100000以下的图称为小比例尺图。

根据数字比例尺, 可以将图上的直线长度与其相应的实地直线水平距离相互换算, 其换算关系如下:

由公式(1—1)可知

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

所以

$$L = l \times M \quad (1-2)$$

或

$$l = \frac{L}{M} \quad (1-3)$$

例一: 在1:1000的图上, 量得果园作业区的边长为6厘米, 试求其实地的水平距离。

解: 根据公式(1—2), 可算出其实地水平长度为:

$$L = 6 \text{厘米} \times 1000 = 60 \text{米}$$

例二: 实地某直线段的水平距离为120米, 试求其在1/2000图上的长度。

解: 按公式(1—3)得其图上长度为:

$$l = \frac{120}{2000} = 0.06 \text{米} = 6 \text{厘米}$$

二、直线比例尺

在实际工作中, 为了避免上述运算和图纸的伸缩误差, 常在测图的同时就在图上绘一直线比例尺, 用以直接量度该图内直线的实际水平长度, 其形式如图1—1所示。在直线(单线或双线)上, 以1厘米(或2厘米)为基本单位, 将直线等分为若干大格, 并将左起1(或2)个大格再等分为毫米小格, 在小格与大格的分界处注以0, 其它整分划上注以0至该分划按比例尺计算的实地水平长度。

使用直线比例尺量度距离时, 可先用分规在图上量取要量的线段长度, 然后将分规的右针尖对准0右边一整分划线上, 使左针尖处于0左边的毫米小格内(图1—1), 根据右针尖读取整分划读数, 根据左针尖读取小分划读数(可估读至1/10小格), 取二者之和即为所量线段的实地水平长度。例如, 图1—1中右针尖的整分划读数为60米, 左针尖的读数为18.8米, 故所量线段的实地水平长度为78.8米。

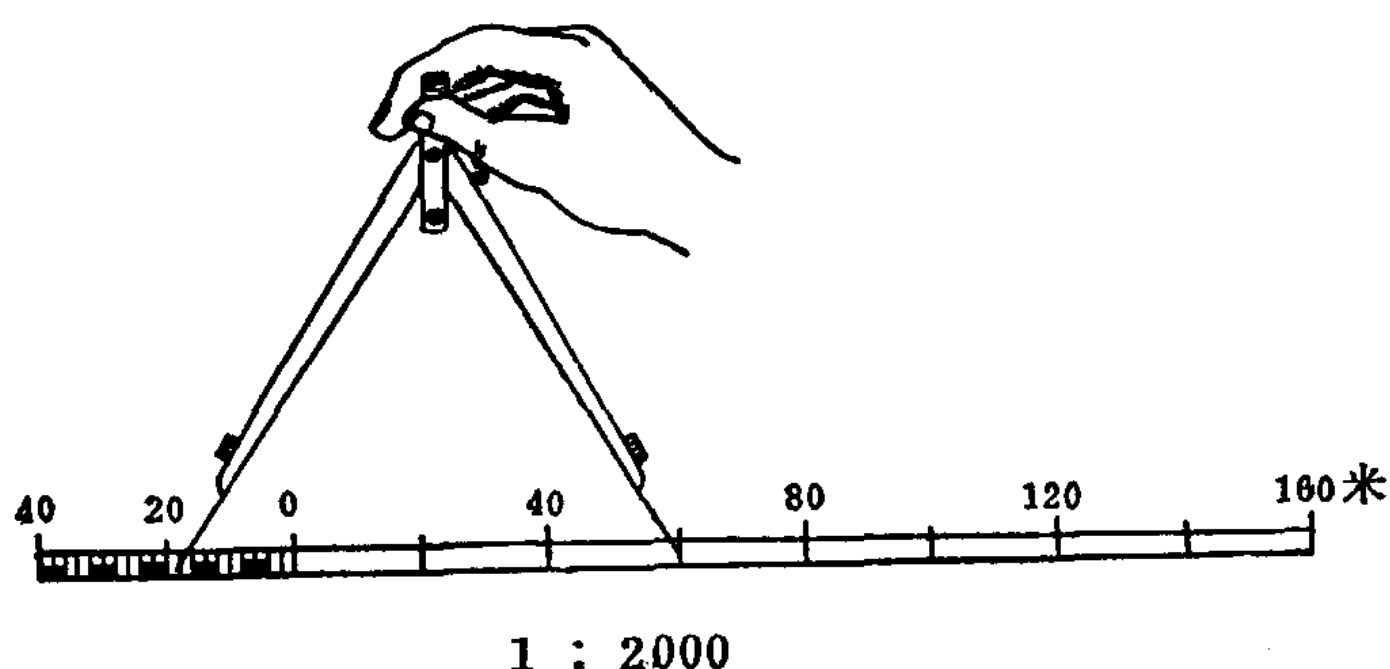


图 1—1

三、比例尺精度

通常，人的肉眼所能分辨的两点间的最短距离为0.1毫米，间距小于0.1毫米的两点就不能明确分辨，只能看成一点。对于 $1/M$ 比例尺的图来说，图上0.1毫米的实地水平距离为 $0.1 \times M$ 毫米，地面上小于此数的线段在图上就无法明确表示，只能绘成一点，也就是说， $0.1 \times M$ 毫米是 $1/M$ 比例尺所能精确表达的最短限值，称为比例尺精度。几种常用的测图比例尺的精度见下表。

表 1—1

测 图 比 例 尺	$\frac{1}{500}$	$\frac{1}{1000}$	$\frac{1}{2000}$	$\frac{1}{5000}$	$\frac{1}{10000}$
比 例 尺 精 度	0.05米	0.10米	0.20米	0.50米	1.00米

由此可见，比例尺愈大，则图上对地面的情况反映得愈精细，比例尺愈小，则愈简略。当我们利用地形图或平面图进行果园的规划设计时，究竟采用何种比例尺的图为宜，可根据我们希望从图上了解的详尽程度以及规划设计时打算在图上绘制的最短距离，按比例尺精度并考虑到使用时方便、醒目等因素来合理选定。

同时，根据比例尺精度也可使我们了解测图过程中丈量距离应当达到何种准确程度。例如对于 $1 : 10000$ 比例尺测图，小于1米的距离误差在图上就显示不出来，就可以忽略不计。

§ 1—4 图例符号

在图上，地物和地貌都是用一定的符号表示的。为了使大家都能识别图中符号的含意，必须采用国家统一规定地形图图式内的符号。图例符号分地物符号与地貌符号两类。

一、地物符号

地物符号以地物的轮廓能否按比例绘制而分为比例符号与非比例符号。用比例符号表示的地物，不仅能反映其平面位置，而且能反映其平面的形状与大小。用非比例符号表示的地

物，由于其实际尺寸按比例尺缩小后无法在图上绘制，因而只能用符号来表示其中心或中线的平面位置，不能反映其实际的形状与大小。

一种地物究竟应以比例符号还是非比例符号表示，要看测图比例尺的大小而定。例如 4 米宽的道路，在 1/1000 图上可以采用比例符号，而在 1/10000 图上则应采用非比例符号。

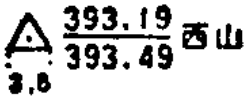
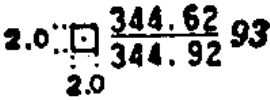
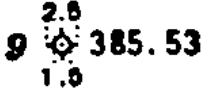
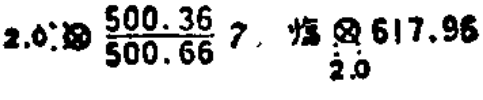
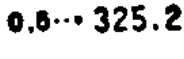
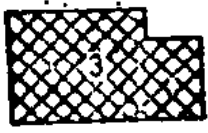
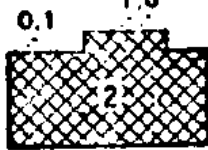
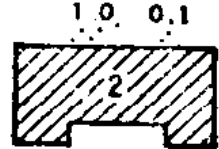
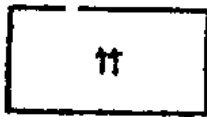
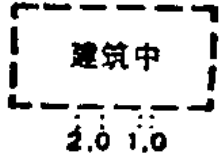
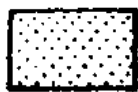
为了使符号能更为完善地反映所表达的内容，还需就地名、河流的流向和深度、陡坎的高度、林木和果树的类别等方面的内容对有关的符号作必要的注记。

地物符号的规格尺寸随测图比例尺的大小而略有不同，表 1—2 为 1 : 2000 比例尺图的部分常用的符号，1 : 1000 与 1 : 5000 比例尺图也可参考使用。

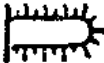
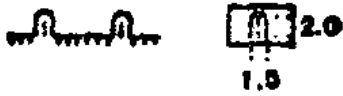
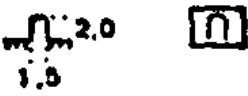
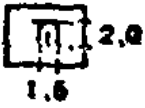
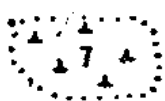
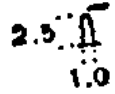
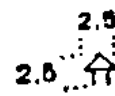
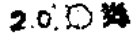
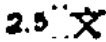
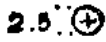
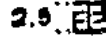
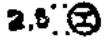
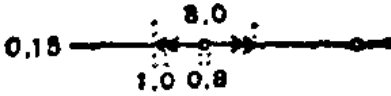
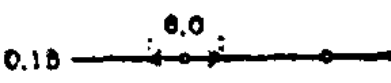
二、地貌符号

地貌符号常用等高线来表示。关于等高线的性质及绘法详见 § 7—1。

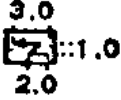
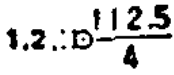
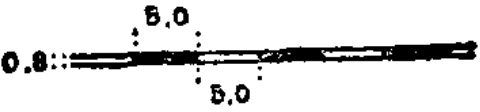
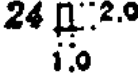
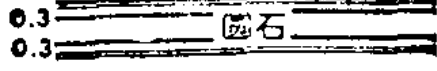
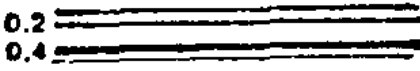
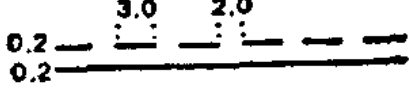
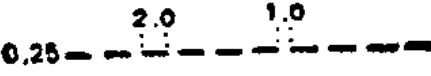
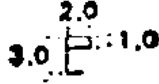
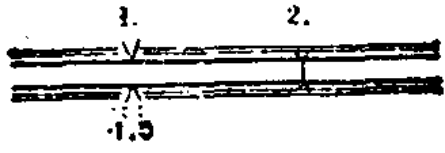
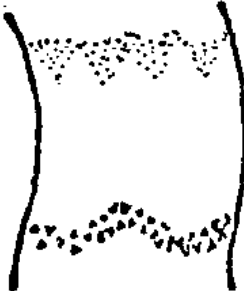
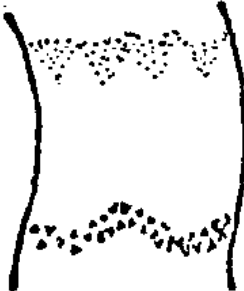
表 1—2

编号	名 称	符 号
1	三角点（分子注标石高程，分母注地面高程，旁注点号）	
2	埋石解析点（分子注标石高程，分母注地面高程，旁注点号）	
3	不埋石解析点（右注地面高程，左注点号）	
4	水准点，临时水准点（分子注标石高程，分母注地面高程，旁注点号）	
5	地形点（立尺点）	
6	钢筋混凝土房屋（中注层数）	
7	钢筋混凝土和砖木混合结构房屋	
8	砖木房屋	
9	简单的房屋（中注竹、木、草等材料）	
10	建筑中的房屋	
11	半破坏房屋	

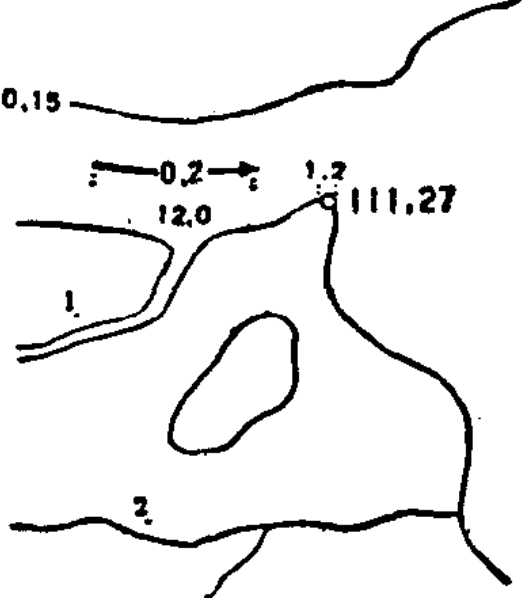
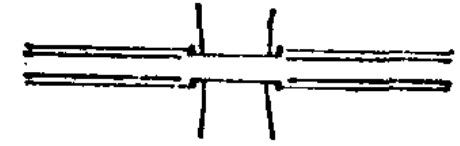
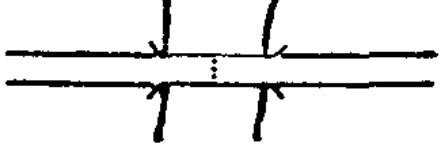
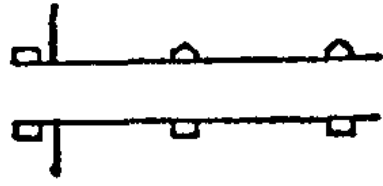
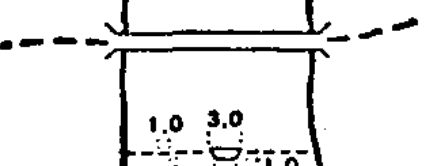
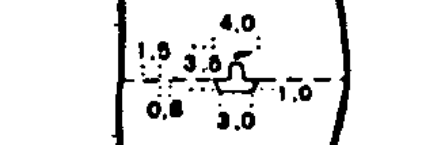
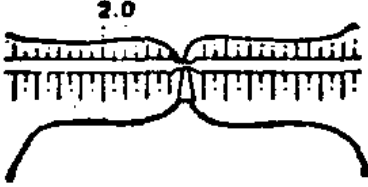
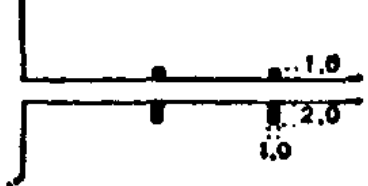
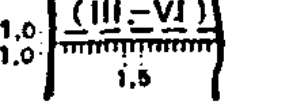
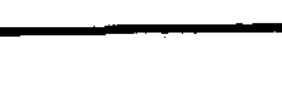
(续)

编号	名 称	符 号
12	破坏房屋	
13	菜窖、暖房及温室 (依性质加相应说明注记)	
14	地窖	
15	窑洞 1. 住人的	
	2. 不住人的	
	3. 地下的	
16	墓地	
17	棚	
18	烟囱	
19	亭子	
20	公厕	
21	粪池 (形状依实际情况表示)	
22	学校	
23	卫生所、医院	
24	邮电局、电报局及邮电所	
25	工厂	
26	公社革命委员会	
27	杆上高压电线	
28	杆上低压电线	
29	木电线杆、金属或钢筋混凝土电线杆	

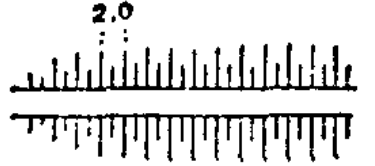
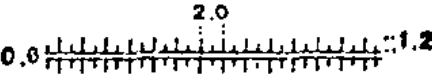
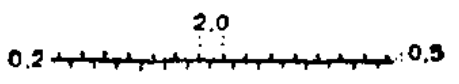
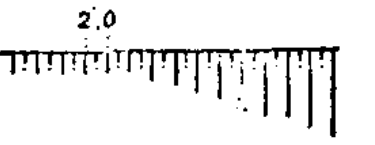
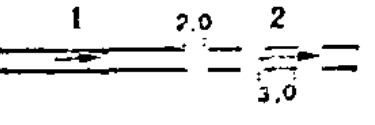
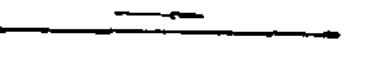
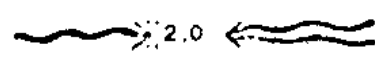
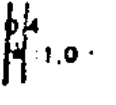
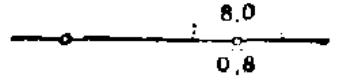
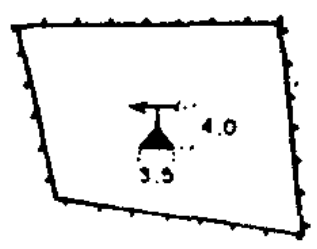
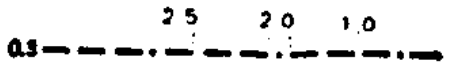
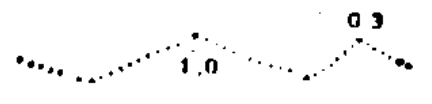
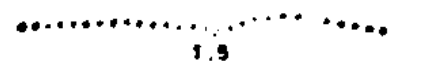
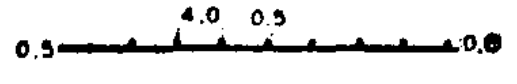
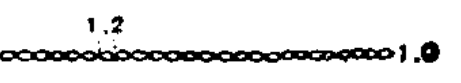
(续)

编号	名 称	符 号
30	变电室	
31	输水槽 (渡槽)	
32	水塔	
33	供水站	
34	水井 (分子注水井地面高程, 分母注地面至水面深度)	
35	铁路	
36	里程碑 (公路上的里程碑也用这符号)	
37	公路及干道 (中注路面材料)	
38	简易公路	
39	大车路	
40	人行小路	
41	公共汽车站	
42	路堤 (凸道, 1.2是堤比高)	
43	路堑 (凹道, 3.4是堑深)	
44	公路上涵洞、涵管 (1) 及通过轻微障碍地方的小桥 (2)	
45	浅滩	
46	石滩	

(续)

编号	名 称	符 号
47	水涯线、流速及流向	
48	小河及溪流: 1. 宽度依比例尺的 2. 宽度不依比例尺的	
49	砖石桥及钢筋混凝土桥	
50	可通汽车的拱桥	
51	木桥	
52	人行桥	
53	木船渡口	
54	轮渡	
55	土的拦河坝	
56	石及钢筋混凝土的拦河坝	
57	滚水坝 (Ⅰ—Ⅵ表示滚水时间三月至六月)	
58	水闸	
59	无栏杆的砖石、混凝土砌坎	

(续)

编号	名 称	符 号
60	土堤:1. 依比例尺绘的 2. 基底宽度 2—6 米的 3. 基底宽度 2 米以下的	  
61	已完成加固斜坡	
62	沟渠:1. 地上部分 2. 地下部分	
63	小水沟渠	
64	土堤上的引水渠道	
65	通过涵洞、涵管的小溪	
66	跌水	
67	电话及电报线	
68	气象站	
69	人民公社、国营农场界	
70	固定的地类界	
71	不固定的地类界	
72	砖石墙及钢筋混凝土墙	
73	土墙	
74	垒石围	

(续)

编号	名 称	符 号
75	金属栅栏	
76	木栅栏 (1处是门)	
77	篱笆	
78	有刺铁丝网	
79	活树篱笆	
80	窑	
81	池塘、水坑 (3.7是水面高程)	
82	菜地	
83	旱田	
84	梯田 (田坎 1 米以上的加注比高, 27.2 坎顶高程, 1.5、1.2 比高)	
85	水生植物 (按实际情况说明注记, 如: 莲藕、菱角等)	
86	草本经济作物	
87	木本经济作物	
88	稻田及田埂	