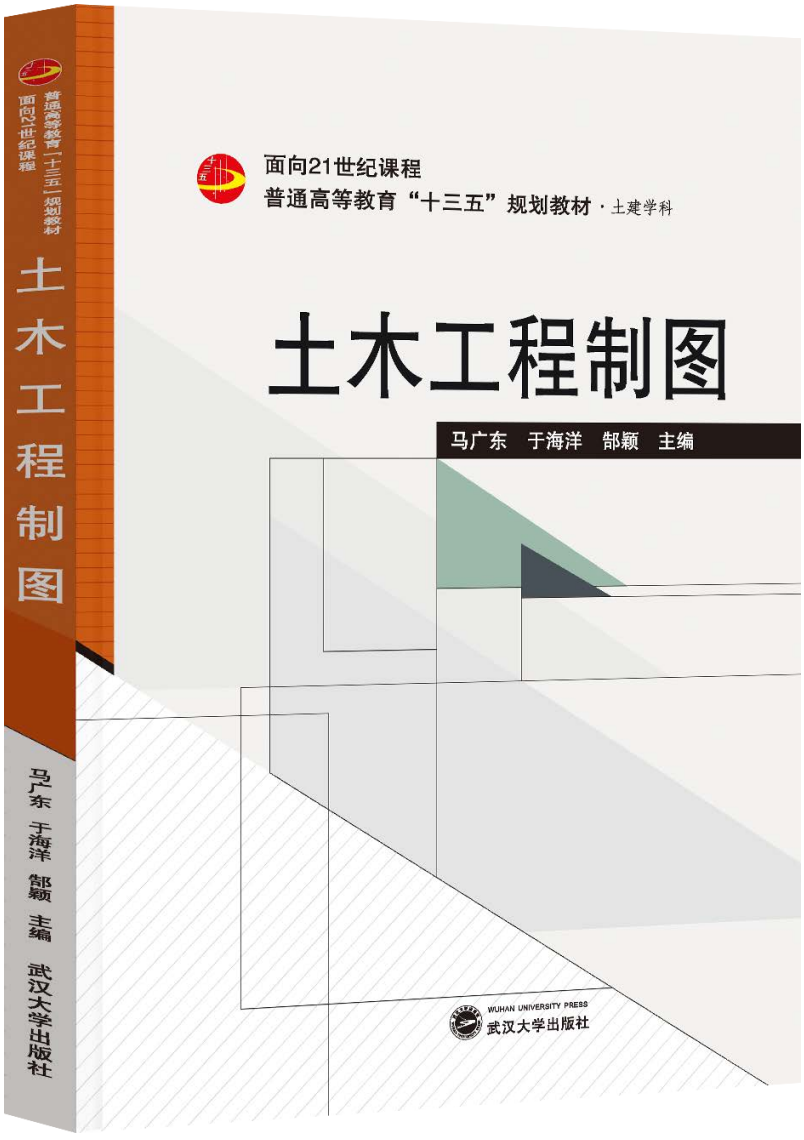


书名：土木工程制图

ISBN：978-7-307-14077-6

作者：马广东　于海洋　郜颖

出版社：武汉大学出版社

定价：35.00元

前　言

本书根据教育部工程图学教学指导委员会新制定的《普通高等院校工程图院课程教学基本要求》,结合教学实际而编写,并充分吸收了近年来本科课程教学改革与研究的成功经验和成果。

本书共九个模块,主要内容有:制图的基本知识和技能、正投影法基础、立体的表达、轴测图、建筑形体的表达方法、建筑施工图、结构施工图、给水排水工程图、AutoCAD 计算机绘图基础。本书可作为高等院校理工科土木类专业的教材,也可供工程技术人员参考。

“土木工程制图”是土建类专业的一门必修的技术基础课,它培养绘制和阅读土木工程图样的基本能力,土木工程制图课程的教学任务包括:

1.学习正投影法的基本原理及应用;

2.培养绘制和阅读土木工程图样的能力;

3.培养一定的空间思维能力、空间分析能力和空间几何问题的图解能力;

4.培养计算机绘图和建模的基本能力;

5.培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

本书可作为高等院校土木工程、给水排水程、建筑环境与设备工程、交通土建工程、测绘工程以及工程管理等专业工程制图课程的教材,也可供工程技术人员参考。

由于作者水平有限,加之编写时间仓促,书中缺点、错误在所难免,恳请读者批评指正。

编　者

目　录

CONTENTS

模块 0　绪　论

模块 1　制图的基本知识和技能

◎ 1.1　国家标准和建筑制图的一般规定 …… 2
◎ 1.2　绘图工具及仪器的使用方法 …… 16
◎ 1.3　常用的几何作图方法 …… 21
◎ 1.4　手工绘图的方法与步骤 …… 27

模块 2　正投影法基础

◎ 2.1　投影法的基本知识 …… 32
◎ 2.2　物体的三视图 …… 35

模块 3　立体的表达

◎ 3.1　空间几何元素 …… 38
◎ 3.2　基本体 …… 51
◎ 3.3　组合体 …… 61

模块 4　轴　测　图

◎ 4.1　轴测图的基本知识 …… 86
◎ 4.2　正等轴测图 …… 88
◎ 4.3　斜二等轴测图 …… 93

模块 5　建筑形体的表达方法

◎ 5.1　剖视图 …… 96
◎ 5.3　断面图 …… 101

模块 6　建筑施工图

◎ 6.1　概述 …… 105
◎ 6.2　总平面图 …… 114

◎ 6.3 建筑平面图 …… 118
◎ 6.4 建筑立面图 …… 123
◎ 6.5 建筑剖面图 …… 126
◎ 6.6 建筑平、立、剖面图的绘制 …… 128
◎ 6.7 建筑详图 …… 131

模块 7 结构施工图

◎ 7.1 结构施工图概述 …… 138
◎ 7.2 钢筋混凝土结构施工图 …… 140

模块 8 给水排水工程图

◎ 8.1 概述 …… 149
◎ 8.2 建筑给水排水工程图 …… 154
◎ 8.3 室外管网布置图 …… 171

模块 9 AutoCAD 计算机绘图基础

◎ 9.1 AutoCAD 的基本操作 …… 180
◎ 9.2 AutoCAD 绘制二维图形 …… 187
◎ 9.3 AutoCAD 绘制视图与剖视图 …… 201
◎ 9.4 AutoCAD 文件输出 …… 211

参考文献 …… 215

绪　论

一、本课程的研究对象和任务

在建筑工程中，无论是建造高楼大厦，或是简单房屋，都需要根据设计完善的图纸进行施工。所以，图纸是建筑工程中不可缺少的重要技术资料，所有从事工程技术的人员，都必须掌握绘制和阅读工程图的技能。因此，工程图常被喻为“工程界国际性技术交流的语言”。作为一名工程技术人员，不掌握这种“语言”，就无法从事工程技术工作。

“土木工程制图”就是研究如何运用正投影的基本理论和方法，绘制和阅读各种工程图样的课程，本课程是工科院校学生一门必修的重要技术基础课，其主要任务是：

（1）学习正投影法的基本原理及应用；

（2）培养绘制和阅读土木工程图样的能力；

（3）培养一定的空间思维能力、空间分析能力和空间几何问题的图解能力；

（4）培养计算机绘图和建模的基本能力；

（5）培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

二、本课程的特点和学习方法

本课程既有理论又重实践，是一门实践性很强的技术基础课。因此，学习本课程应坚持理论联系实际。在学好基本理论、基本方法的基础上，应通过大量的作业练习和绘图、看图及上机实践，加深对课程知识的理解与掌握。

此外，由于工程图是施工依据，绘图和读图中的任何一点疏忽都可能给工程造成严重的损失，因此在学习中应养成认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

制图的基本知识和技能

1.1 国家标准和建筑制图的一般规定

为了适应新时期工程建设的需要，使房屋建筑制图规格基本统一，图面清晰简明，符合设计、施工、存档的要求，住房和城乡建设部会同有关职能部门对原六项标准进行了修订并于 2002 年 3 月 1 日颁布实施。实施后的六项标准分别是：《房屋建筑制图统一标准》（GB/T 50001－2010）、《总图制图标准》（GB/T 50103－2010）、《建筑制图标准》（GB/T 50104－2010）、《建筑结构制图标准》（GB/T 50105－2010）、《建筑给水排水制图标准》（GB/T 50106－2001）和《暖通空调制图标准》（GB/T 50114－2010）。

标准的基本内容包括对图纸幅面、格式和标题栏、比例、字体、图线、尺寸标注、图样画法（包括投影法、规定画法、简化画法等）等项目的规定，这些都是各类建筑工程图必须统一的内容。

1.1.1 图纸幅面、格式和标题栏

1. 图纸幅面

为了合理使用图纸及便于图样管理，国家标准规定了五种基本图纸幅面尺寸（表 1－1）。

表 1－1 图纸幅面尺寸

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$b\times l$	841×1 189	594×841	420×594	297×420	210×297
a	25				
c	10		5		
e	20		10		

A0～A3 图纸宜采用横式（以图纸短边作垂直边），必要时也可采用竖式（以图纸短边作水平边），如图 1－1 所示。一个工程设计中，每个专业所使用的图纸，不宜多于两种幅面（不含目录及表格所采用的 A4 幅面）。必要时允许按《房屋建筑制图统一标准》（GB/T 50001－2010）有关规定加长幅面，如表 1－2 所示。

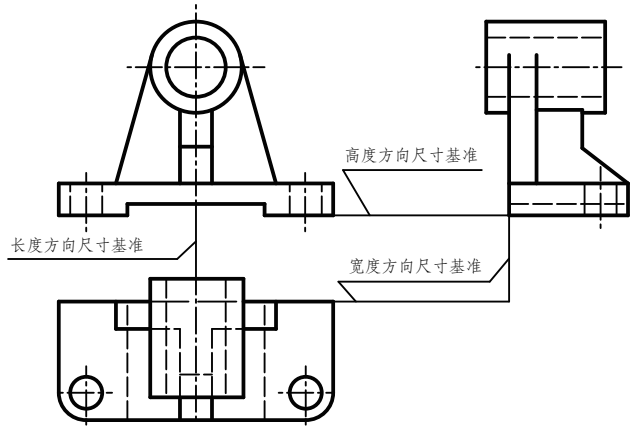


图 1－1　图纸幅面

表 1－2　图纸长边加长尺寸（mm）

幅面代号	长边尺寸	长边加长后尺寸
A0	1 189	1 486、1 635、1 783、1 932、2 080、2 230、2 378
A1	841	1 051、1 261、1 471、1 682、1 892、2 102
A2	594	743、891、1 041、1 189、1 338、1 486、1 635、1 783、1 932、2 080
A3	420	630、841、1 051、1 261、1 471、1 682、1 892

2. 标题栏

图纸标题栏用于填写工程名称、图名、图号以及设计人、制图人、审批人的签名和日期等，简称图标。标题栏的文字方向代表看图方向。图纸标题栏尺寸如图 1－2（a）所示。会签栏应按图 1－2（b）所示的格式绘制，栏内填写会签人员所代表的专业、姓名、日期。不需会签的图纸可不设会签栏，学生作业无须设会签栏。

在学习阶段，标题栏可采取图 1－3 所示的具体格式，不设会签栏。图框线、标题栏线和会签栏线的线宽，应按表 1－3 选用：

表 1－3　图框线、标题栏线和会签栏线的宽度（mm）

幅面代号	图框线	标题栏外框线	标题栏分格线及会签栏线
A0、A1	1.4	0.7	0.35
A2、A3、A4	1.0	0.7	0.35

1.1.2　比例

按规定，在图样下方应用长仿宋体写上图样名称和绘图比例。比例应注写

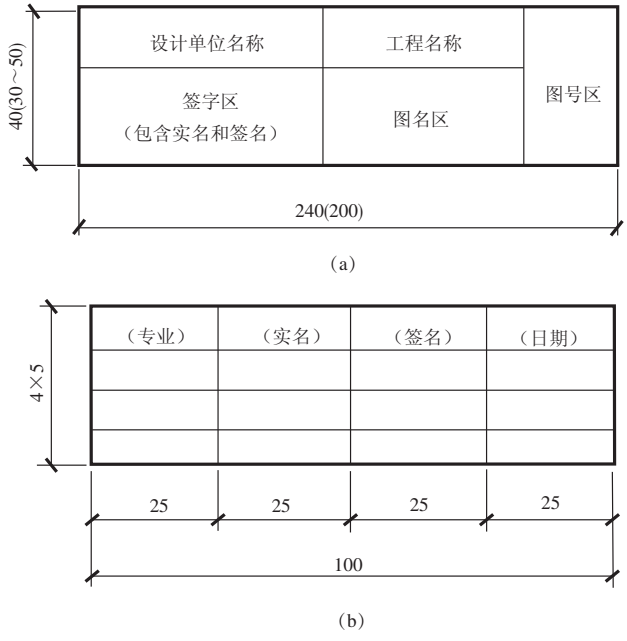


图 1－2　标题栏和会签栏

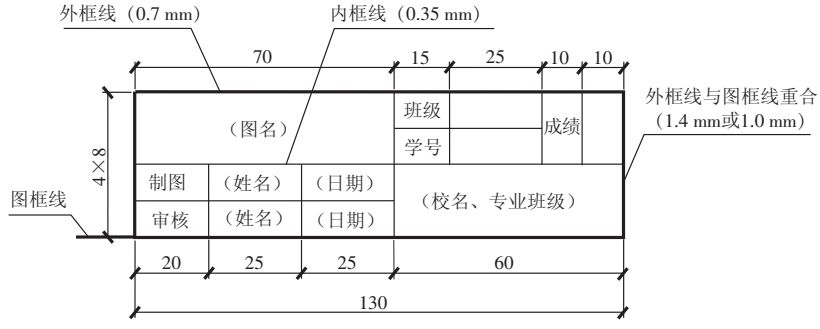


图 1－3　学习阶段的标题栏

在图名的右侧，字的基准线应取平；比例的字高宜比图名字高小一号或两号，图名下应画一条粗实线，其细宽不应大于本图纸所画图形中的粗实线，同一张图纸上的这种横线细宽应一致，其长度应与图名文字所占长度相同，如图 1－4 所示。

底层平面图　1∶100

图 1－4　图名与比例

当一张图纸中的各图只用一种比例时，也可把该比例统一书写在图纸标题栏内。

比例是图形与实物对应的线性尺寸之比。比例应用阿拉伯数字来表示。如 1∶1、1∶2、1∶5、1∶100 等。比例的大小是指比值的大小，如 1∶25 大于 1

∶100。图上所注尺寸数字与比例无关，如图 1－5 所示。

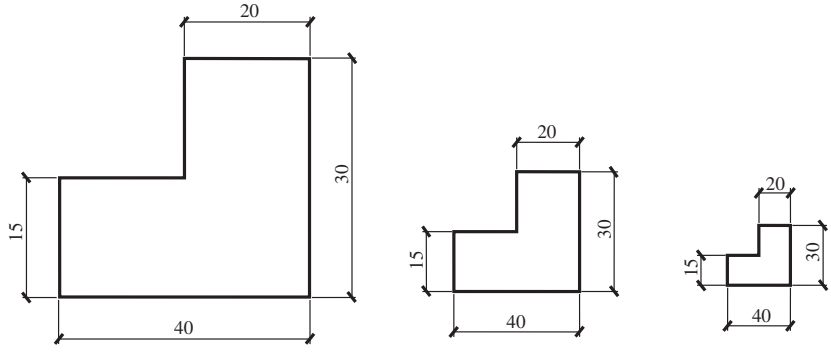


图 1－5　不同比例的图样

绘图所用比例应根据图样用途与所绘物体的复杂程度从表 1－4 中选用。应优先选用表中的常用比例，在特殊情况下允许选用“必要时可用比例”。

表 1－4　比例

图　名	常用比例	必要时可用比例
总平面图	1∶500、1∶1 000、1∶2 000 1∶5 000、1∶10 000、1∶50 000	1∶25 000
总图专业的竖向布置图、管线综合图、设备布置图	1∶50、1∶100、1∶200 1∶500、1∶1 000、1∶5 000	1∶300
平面图、立面图、剖面图、结构布置图、设备布置图	1∶50、1∶100 1∶200、1∶150、1∶200	1∶300、1∶400

续表

图　名	常用比例	必要时可用比例
内容比较简单的平面图	1∶200、1∶500	1∶400
详图	1∶1、1∶2、1∶5 1∶10、1∶20、1∶50	1∶3、1∶4、1∶6 1∶1.15、1∶25、1∶30 1∶40、1∶60、1∶80

1.1.3　字体（GB/T 14691—1993）

图纸上所需书写的文字、数字或符号等，均应笔画清晰、字体端正、排列整齐，标点符号应清楚正确。字号分为 20、14、10、7.5、5、3.5 等。号数即字体的高度 h（单位 mm），其高度应按$\sqrt{2}$比值递增，同时，对每个字来讲其高度为宽度的$\sqrt{2}$倍。

1. 汉字

汉字应写成长仿宋体（图 1－6）。并采用国家正式公布使用的简化字。工

程图上书写的长仿宋汉字，其高度应不小于 3.5 mm，在写字前，应先打格再书写。长仿宋体字的特点是：笔画横平竖直、起落分明、笔锋满格、字体结构匀称。书写时一定要严格要求，认真书写。

10 号字

字体工整　笔画清楚
间隔均匀　排列整齐

7 号字

横平竖直　注意起落　结构均匀　填满方格

5 号字

建筑制图基础阴影透视长仿宋字轴测投影建筑平面图方案效果图

3.5 号字

工程图中的字体潦草，易造成误解，给生产和施工带来损失。

图 1-6　汉字字号与书写规范

2. 数字和字母

拉丁字母、阿拉伯数字或罗马数字同汉字并列书写时，它们的字高比汉字的字高宜小一号或两号，且不应小于 2.5 mm。拉丁字母、阿拉伯数字或罗马数字都可以写成竖直铅垂的直体字或竖直与水平线成 75°的斜体字，如图1-7所示。小写的拉丁字母的高度应为大写字母高度 h 的 7/10，字母间距为2 h/10，上下行基准线间距最小为 15 h/10。表示数量的数值，应用正体阿拉伯数字书写，各种计量单位凡前面有量值的，均应采用国家颁布的单位符号注写，例如：三千五百毫米应写成 3 500 mm。

A B C D E F G H I J K L M N O P
Q R S T U V W X Y Z
a b c d e f g h i j k l m n
o p q r s t u v w x y z
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
A B C a b c 1 2 4 0

图 1-7　拉丁字母、数字书写规范

表示分数时，不得将数字与文字混合书写，例如：四分之三应写成 3/4，不得写成 4 分之 3；百分之三十五应写成 35%，不得写成百分之 35。表示比例数时，应采用数学符号，例如：一比二十应写成 1∶20。当注写的数字小于 1 时，必须写出个位的“0”，小数点应采用圆点，齐基准线书写，如 0.15、0.004等。

1.1.4　图线（GB/T 17450—1998）

1.图线的线型及用途

建筑工程图样中的各种线分粗、中、细三种图线宽度，线宽比率为 4∶2∶1，其用途见表 1-5 所示。绘图时，应根据图样的复杂程度与比例大小，先从下列线宽系列中选取粗线宽度 b：2.0 mm、1.4 mm、1.0 mm、0.7 mm、0.5 mm、0.35 mm。常用的 b 值为 0.35 ～1.0 mm。

每个图样，应根据复杂程度与比例大小，先选定基本线宽 b。再选用相应的线宽组。同类线应粗细一致。在同一张图纸内，各不同线宽的细线，可统一采用较细的线宽组的细线；同一张图纸内相同比例的各图样，应选用相同的线宽组，线宽的选取见表 1-6 和表 1-7。

表 1-5　线型及用途

名　称	线　型	线　宽	一般用途
粗实线		b	主要可见轮廓线；平、剖面图中被剖切的主要建筑构造（包括构配件）的轮廓线；结构图中的钢筋；建筑立面图或室内立面图的外轮廓线；详图中主要部分的断面轮廓和外轮廓线；平、立、剖面图的剖切符号；总平面图中新建建筑物±0.00高度的可见轮廓线；新建的铁路、管线；图名下横线
中粗实线		$0.5b$	建筑平、立、剖面图中一般构配件的轮廓线；平、剖面图中次要断面的轮廓线；总平面图中新建构筑物、道路、桥涵、围墙等设施的可见轮廓线；场地、区域分界线、用地红线、建筑红线、河道蓝线；新建建筑物±0.00高度以外的可见轮廓线；尺寸起止符号
细实线		$0.25b$	总平面图中新建道路路肩、人行道、排水沟、树丛、草地、花坛等可见轮廓线；原有建筑物、构筑物、铁路、道路、桥涵、围墙的可见轮廓线；坐标网线、图例线、索引符号、尺寸线、尺寸界限、引出线、标高符号、较小图形的中心线等
粗虚线		b	新建建筑物、构筑物的不可见轮廓线
中粗虚线		$0.5b$	一般不可见轮廓线；建筑构造及建筑构配件不可见轮廓线；总平面图计划扩建的建筑物、构筑物、道路、桥涵、围墙及其他设施的轮廓线；洪水淹没线、平面图中起重机（吊车）轮廓线
细虚线		$0.25b$	总平面图上原有建筑物、构筑物和道路、桥涵、围墙等设施的不可见轮廓线；图例线
粗单点长画线		b	起重机（吊车）轨道线；总平面图中露天矿开采边界线
细单点长画线		$0.25b$	分水线、中心线、对称线、定位轴线
细双点长画线		$0.25b$	假想投影轮廓线；成型以前的原始轮廓线
折断线		$0.25b$	不需要全画的断开界线
波浪线		$0.25b$	不需要全画的断开界线；构造层次的断开界线
加粗线		$1.4b$	需要画上更粗的图线，如建筑物或构筑物的室外地坪线

表 1-6　线宽组

线宽比	线宽组（mm）					
b	2.0	1.4	1.0	0.7	0.5	0.35
0.5b	1.0	0.7	0.5	0.35	0.25	0.18
0.25b	0.5	0.35	0.25	0.18		

表 1-7　图框线、标题栏线宽度（mm）

幅面代号	图框线	标题栏外框线	标题栏分格线、会签栏线
A0、A1	2.0	1.4	0.35
A2、A3、A4	1.0	0.7	0.35

2.画线时的其他注意事项

单点长画线、双点长画线的两端是线段，而不是点。单点长画线或双点长画线的线段长度应保持一致，一般在 15～20 mm，线段的间隔宜相等；虚线的线段和间隔也应保持长短一致，线段长为 3～6 mm，间隔为 0.5～1 mm。

如图 1-8 所示，虚线与虚线、点画线与点画线、虚线或点画线与其他图线交接时，应是线段交接；虚线与实线交接，当虚线在实线的延长线上时，不得与实线连接，应留有一定间距。

在较小的图形中绘制单点长画线及双点长画线有困难时，可用细实线代替，如图 1-8 所示。

相互平行的图线，其间隙不宜小于其中的粗线宽度，且不宜小于 0.7 mm。

图线不得与文字、数字或符号重叠、混淆，不可避免时，应首先保证文字等的清晰。

折断线和波浪线应画出被断处的全部界线，折断线在两端分别应超出图形的轮廓线，而波浪线则应画至轮廓线为止，如图 1-9 所示。

3.各种图线的应用

图线是起点和终点间以任意方式连接的一种几何图形，形状可以是直线或曲线、连续线或不连续线。图样上的线型必须严格按国家标准的规定正确绘制。几种常用图线的名称、线型及主要应用见图 1-10 的应用示例。

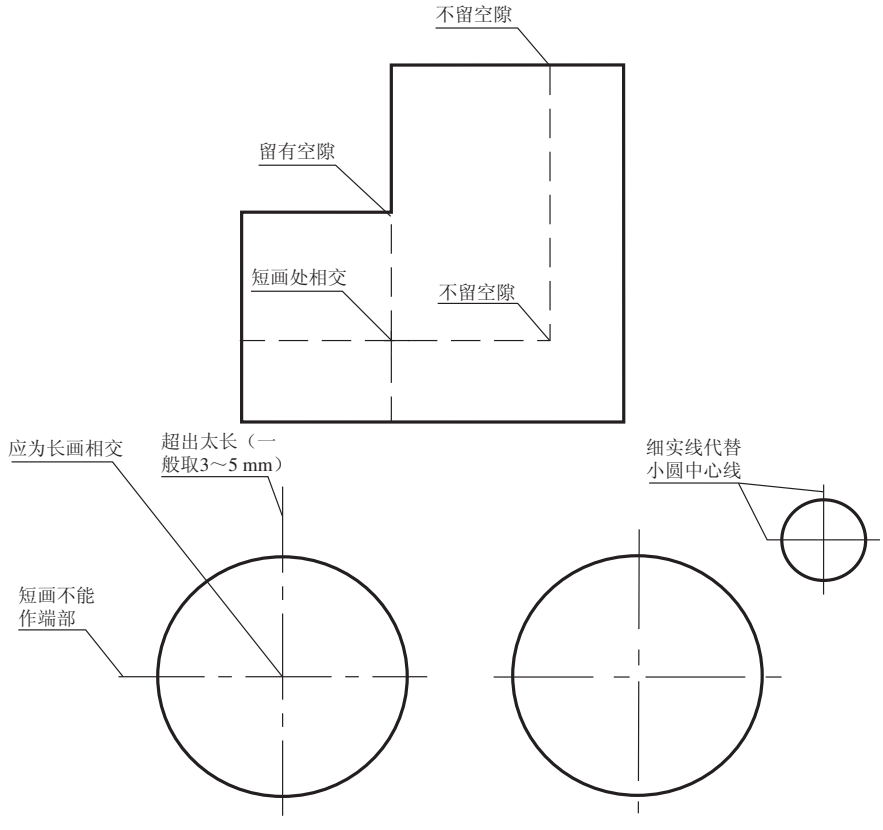


图 1－8　虚线和点画线的画法

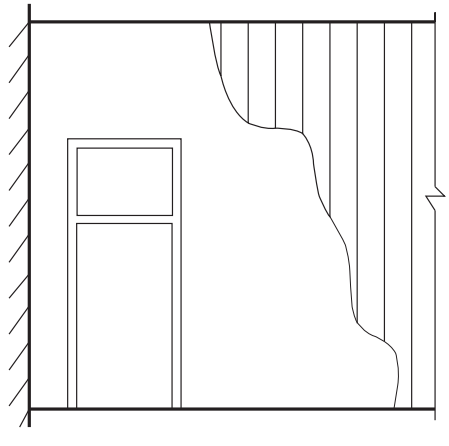


图 1－9　折断线和波浪线画法

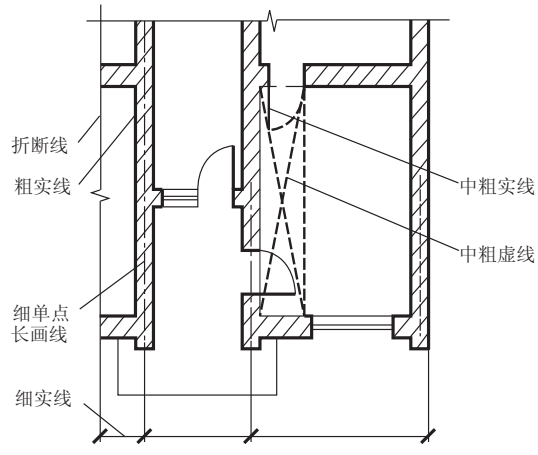


图 1－10　各种图线的应用

1.1.5　尺寸注法（GB/T 16675.2—2012，GB 4458.4—2003）

建筑工程图中除了要画出建筑物及其各部分的形状外，还必须准确、详尽和清晰地标注各部分的实际尺寸，以确定其大小，作为施工的依据。

1.尺寸的组成

图样上的尺寸包括尺寸界线、尺寸线、尺寸起止符号和尺寸数字，如图1－11所示。尺寸界线应用细实线绘制，一般应与被注长度垂直。其一端应离开图样轮廓线不小于2 mm，另一端宜超出尺寸线 2～3 mm，必要时，图样轮廓线可用作尺寸界线。尺寸线应用细实线绘制，应与被注长度平行，应注意图样本身的任何图线均不得用作尺寸线。尺寸起止符号一般用中粗斜短线绘制，其倾斜方向与尺寸界线成顺时针 45°角，长度宜为2～3 mm。

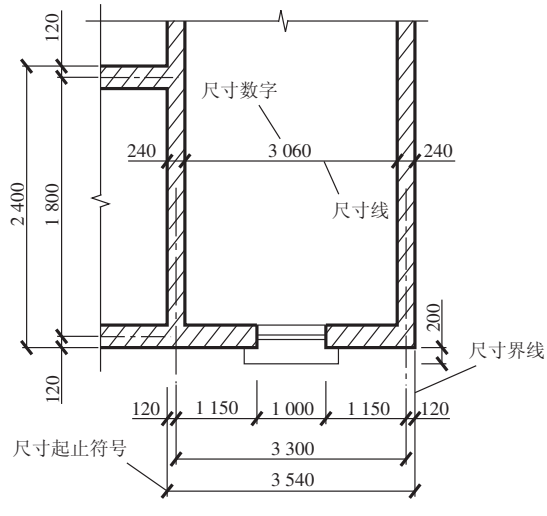


图 1－11　尺寸的组成

图样上的尺寸，应以尺寸数字为准，不得从图上直接量取；图样上的尺寸单位，除标高及总平面图以米（m）为单位外，其他必须以毫米（mm）为单位；图上尺寸数字不再注写单位，尺寸数字应写在尺寸线的中部，在水平尺寸线上的应从左到右写在尺寸线上方，在铅直尺寸线上的，应从下到上写在尺寸线左方。

相互平行的尺寸线，应从被注写的图样轮廓线由近向远整齐排列，较小尺寸应离轮廓线较近，较大尺寸应离轮廓线较远。图样轮廓线以外的尺寸线，距图样最外轮廓之间的距离不宜小于 10 mm，平行排列的尺寸线之间的距离宜为 7～10 mm，并应保持一致。总尺寸的尺寸界线应靠近所指部位，中间的分尺寸的尺寸界线可稍短，但其长度应相等。

2. 圆、圆弧、球的尺寸标注

圆和大于半圆的弧，一般标注直径，尺寸线通过圆心，用箭头作尺寸的起止符号，指向圆弧，并在直径数字前加注直径符号“ϕ”，较小圆的尺寸可以标注在圆外，如图 1－12 所示。其中箭头的画法如图 1－12 所示，b 为箭头端部宽度。

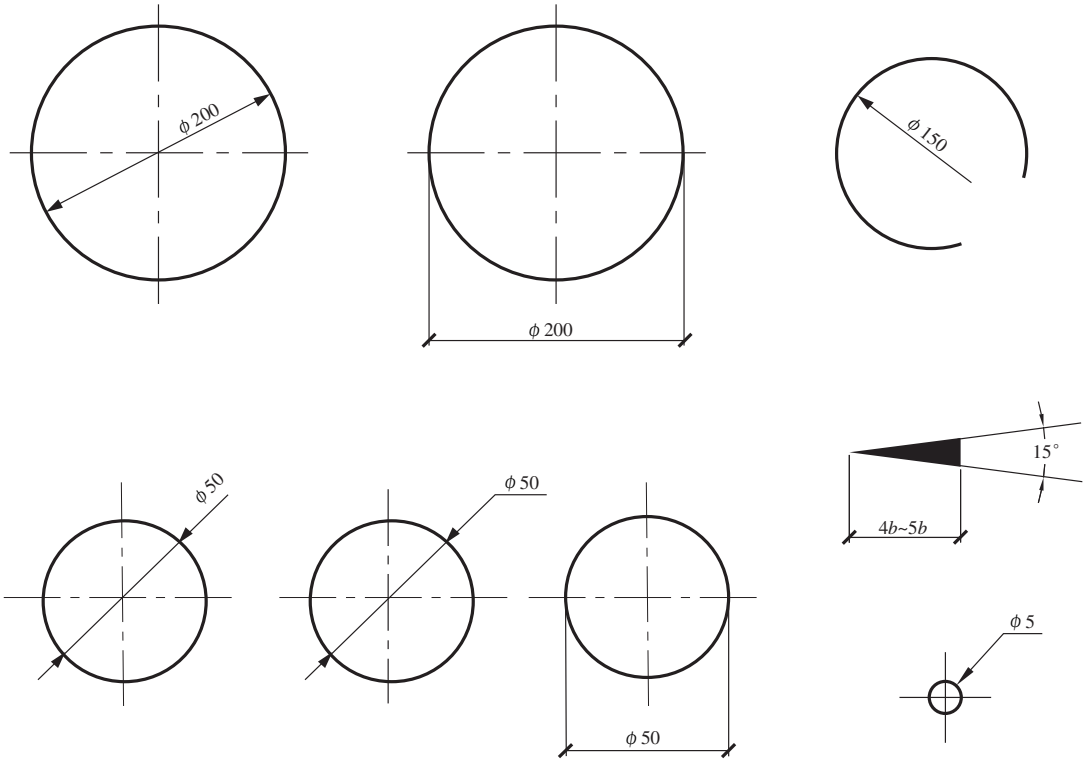


图 1－12　直径标注

半圆和小于半圆的弧一般标注半径，尺寸线的一端从圆心开始，另一端用箭头指向圆弧，在半径数字前加注半径符号“R”。较小圆弧的半径数字，可引出标注，较大圆弧的尺寸线可画成折线状，但必须对准圆心，如图 1－13 所示。

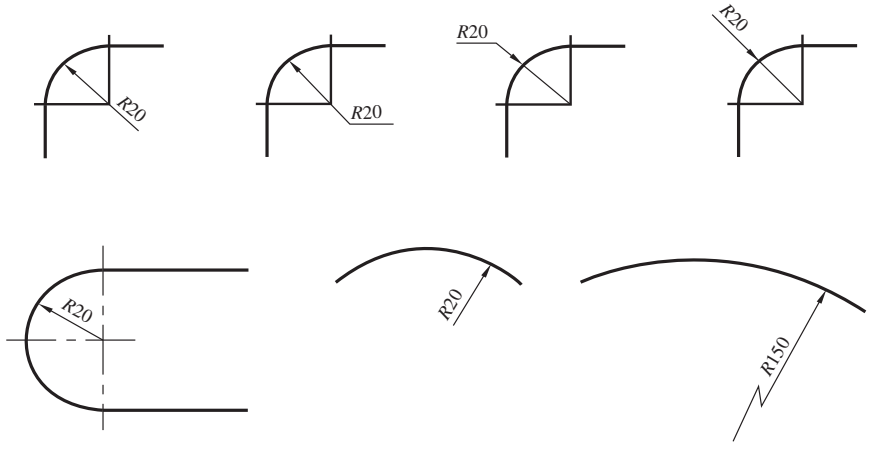


图 1－13　半径标注

球的尺寸标注与圆的尺寸标注基本相同，只是在半径或直径符号（R 或 ϕ）前加注“S”，如图 1－14 所示。

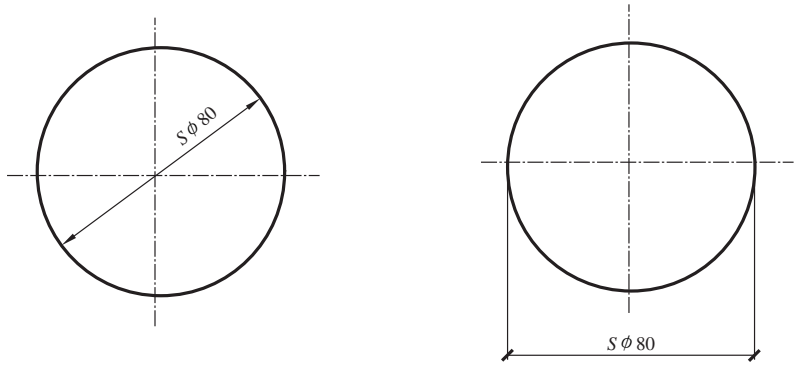


图 1－14　球径标注

注意：直径尺寸还可标注在平行于任一直径的尺寸线上，此时须画出垂直于该直径的两条尺寸界线，且起止符号改用 45°中粗斜短线，如图 1－12 所示。

3. 角度、弧长、弦长的尺寸标注

角度的尺寸线，应以圆弧表示。该圆弧的圆心应是该角的顶点，角的两个边为尺寸界线，角度的起止符号应以箭头表示，如没有足够位置画箭头，可用小黑点代替，角度数字应水平书写，如图 1－15（a）所示。

弧长的尺寸线为与该圆弧同心的圆弧，尺寸界线应垂直于该圆弧的弦，起止符号应以箭头表示，弧长数字的上方应加注圆弧符号“⌒”，如图 1－15（b）

所示。弦长的尺寸线应以平行于该弦的直线表示，尺寸界线应垂直于该弦，起止符号应以中粗斜短线表示，如图1－15（c)所示。

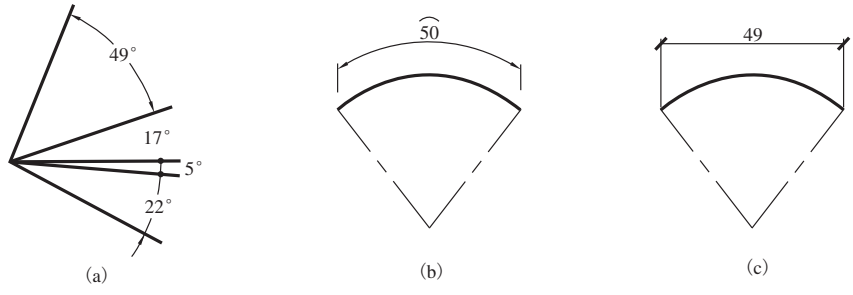


图 1－15　角度、弧长、弦长的尺寸标注

4.坡度的尺寸标注

标注坡度时，在坡度数字下，应加注坡度符号，坡度符号的箭头一般应指向下坡方向。坡度也可用直角三角形形式标注，如图 1－16 所示。

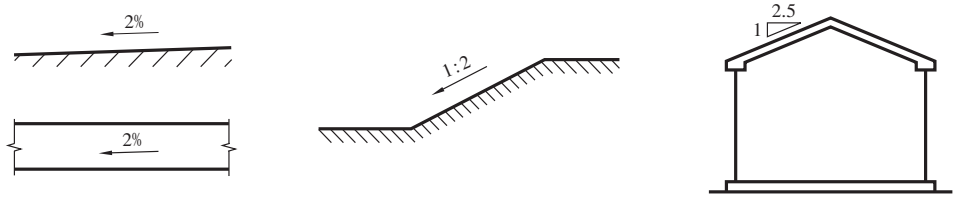


图 1－16　坡度的尺寸标注

5.尺寸的简化标注

杆件或管线的长度，在单线图（桁架简图、钢筋简图、管线简图）上，可直接将尺寸数字沿杆件或管线的一侧注写，如图 1－17 所示。

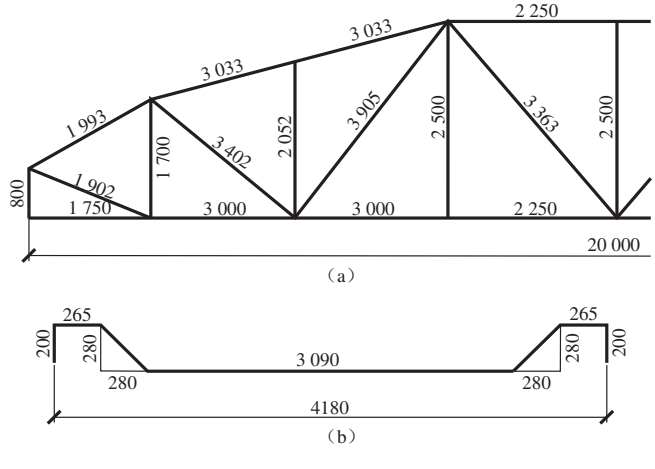
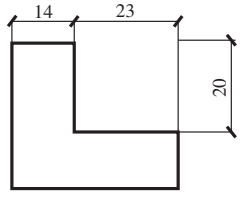
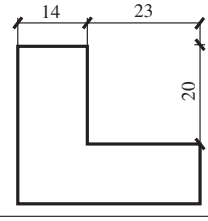
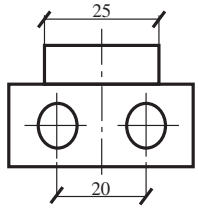
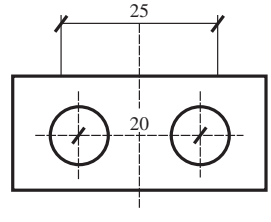
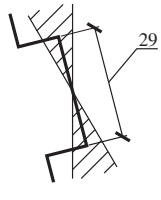
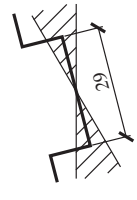
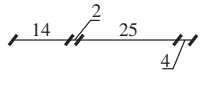
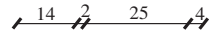
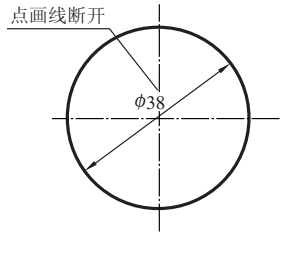
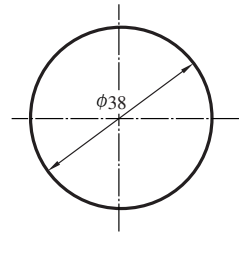


图 1－17　尺寸的简化标注

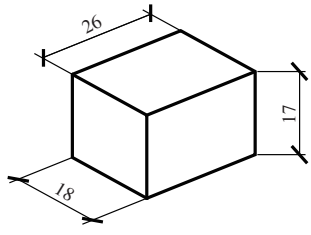
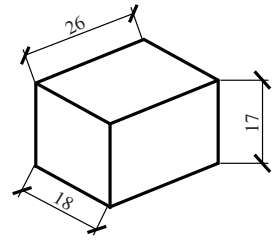
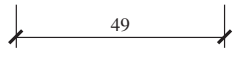
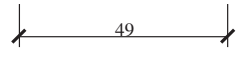
（a）桁架简图；（b）钢筋简图

表 1－8 列举了尺寸标注的其他注意事项。

表 1－8　尺寸标注的其他注意事项

说　明	正　确	错　误
不能用尺寸界线作为尺寸线		
轮廓线、中心线等可用作尺寸界线，但不能用作尺寸线		
尺寸线倾斜时数字的方向应便于阅读，尽量避免在斜线范围内注写尺寸		
同一张图纸内尺寸数字应大小一致，两尺寸界线之间比较窄时，尺寸数字可注写在尺寸界线外侧，或上下错开，或用引线引出再标注		
任何图线与数字重叠时，应断开图线		

续表

说　明	正　确	错误
轴测图的尺寸应标注在各自所在的坐标面内，尺寸线应与被注长度平行，尺寸界线应平行于相应的轴测轴，尺寸数字的方向应平行于尺寸线，尺寸起止符号用小黑点		
尺寸数字不得贴靠在尺寸线或其他图线上，一般应离开0.5～1 mm		

1.2　绘图工具及仪器的使用方法

1.2.1　图板和丁字尺

常用的制图工具有图板、丁字尺、三角板、圆规、分规、比例尺、直线笔、曲线板、量角器等。

1. 图板

图板用于固定图纸，作为绘图的垫板，板面一定要平整，硬木工作边要保持笔直。图板有大小不同的规格，通常要比相应的图幅略大，图板的规格尺寸有0号(900 mm×1 200 mm)、1号（600 mm×900 mm)、2号(450 mm×600 mm)、3号（300 mm×450 mm）等几种。画图时板身略为倾斜比较方便。图纸的四角用胶带纸粘贴在图板上，位置要适中，如图1－18所示。注意，切勿用小刀在图板上裁纸，不能用坚硬的物件在板面上刻划，避免将其曝晒、重压，同时应防止图板潮湿。

2. 丁字尺

丁字尺由尺头和尺身组成，是用木材或有机玻璃等材料制成的。其规格尺寸有600 mm、900 mm、1 200 mm等，是用来与图板配合画水平线的工具，尺身的工作边（有刻度的一边）必须保持平直光滑。在画图时，尺头紧靠在图板的左边上下移动，画出一系列的水平线，当画长线时，左手应自尺头慢慢移向

尺身并按紧丁字尺，防止画线时尺身移动或翘起，或结合三角板画出一系列的平行线或垂直线，如图 1－19 和图 1－20 所示。

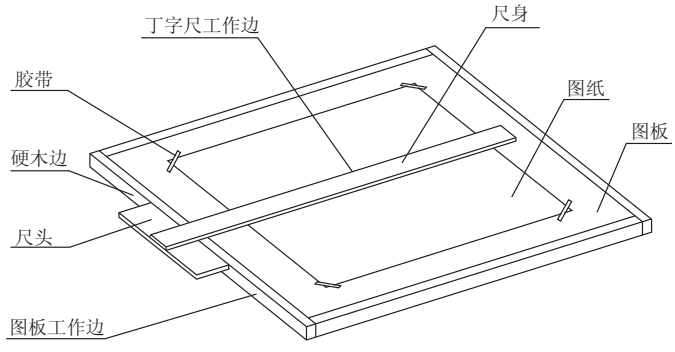


图 1－18　图版与丁字尺

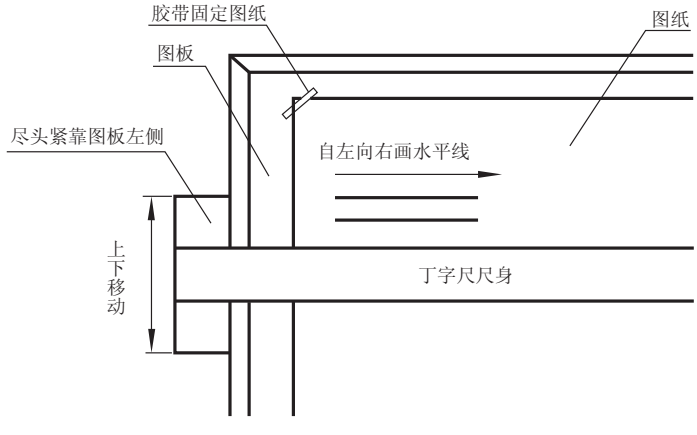


图 1－19　用丁字尺画水平平行线

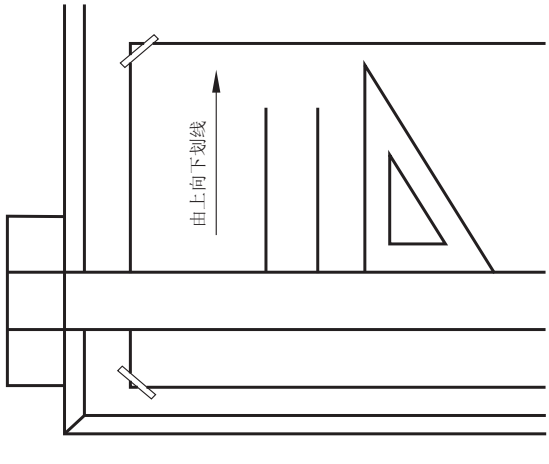


图 1－20　用三角板与丁字尺配合画铅直平行线

1.2.2 三角板

三角板由两块组成一副，其中一块为 30°×60°×90°（简称 30°三角板），另一块为 45°×45°×90°（简称 45°三角板），三角板是用有机玻璃等材料制成的，其规格尺寸有 200 mm、250 mm、300 mm、550 mm 等几种，可根据需要选用。

三角板主要是配合丁字尺画垂直线和 30°、45°、60°倾斜线并且可用两块三角板配合画 15°和 75°斜线，如图 1－21 所示。

用丁字尺配合三角板画垂直线时，应把三角板的垂直边放在左边，自下向上画线，方法如图 1－22 所示。

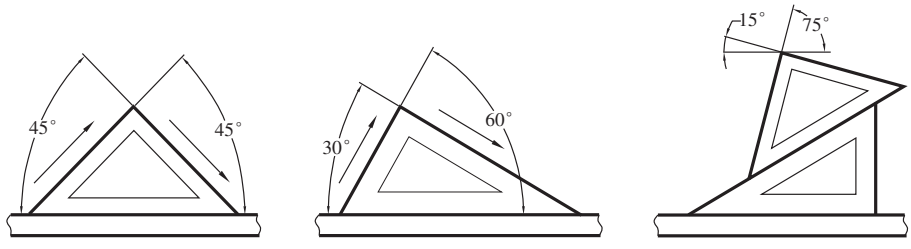


图 1－21　画 15°、30°、45°、60°、75°的斜线

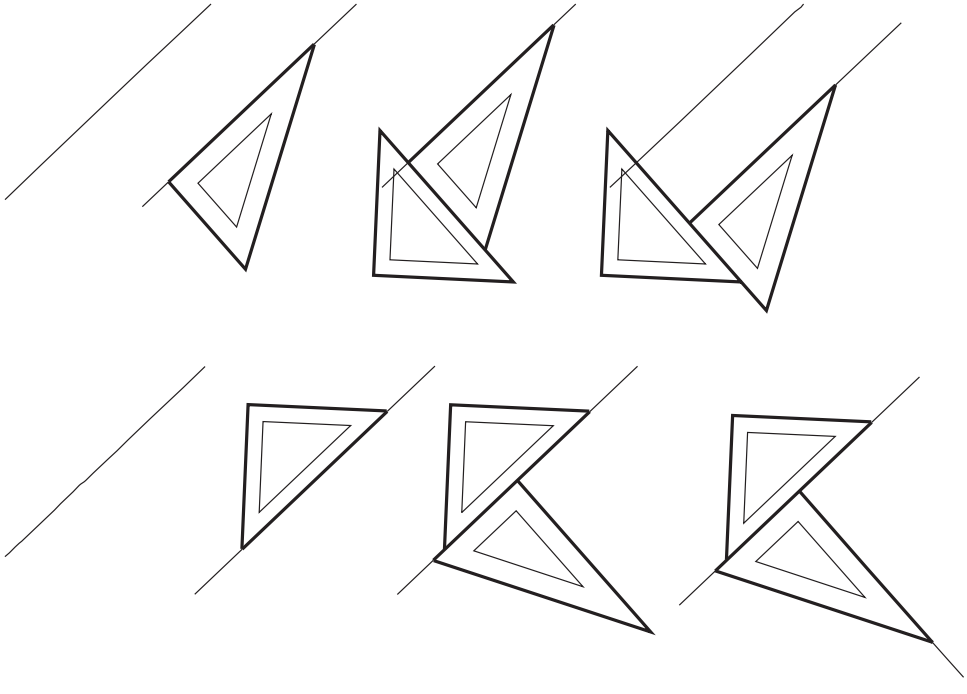


图 1－22　用丁字尺配合三角板画垂直线

1.2.3　圆规和分规

1. 圆规

圆规是画圆或圆弧用的仪器。一件完整的圆规都附有铅笔芯插腿、钢针插腿、直线笔插腿和延伸杆等。

画圆时，首先将圆规两脚分开，并使其大小等于所画圆的半径，右手拿圆规，用左手食指配合把钢针放到圆心上，再使铅笔芯接触纸面，用右手的食指和拇指转动圆规使其按顺时针方向旋转画图。旋转时应使圆规略向运动方向倾斜，并应一次画完；若必须再次接画时，也应按上述方向转动，切勿往复旋转，以免使圆心孔眼扩大而影响图线质量。画较大半径的圆时，应使圆规的钢针和铅笔芯插腿垂直于纸面，需要时还可使用延伸杆，如图 1－23 所示。

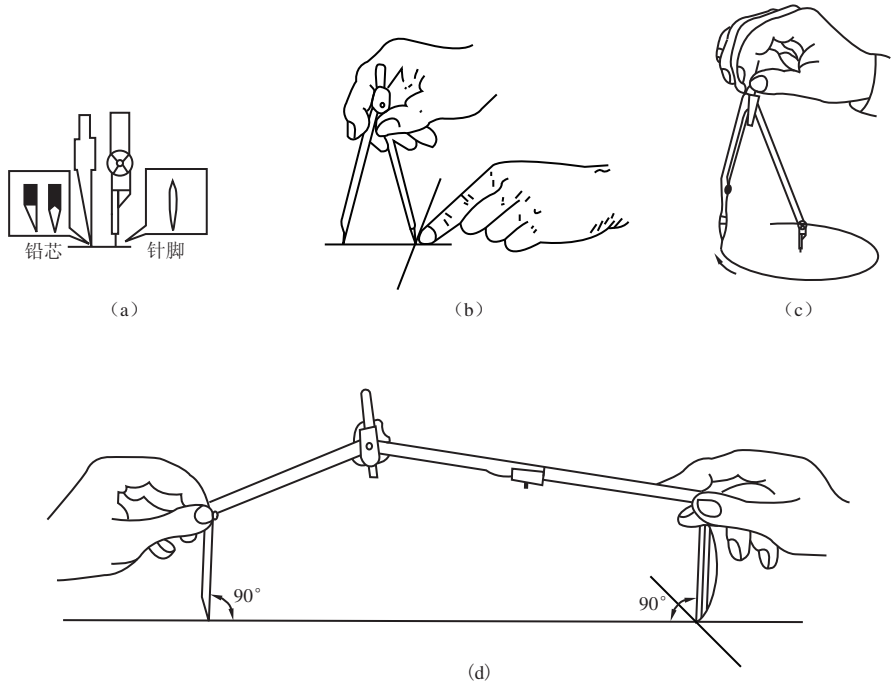


图 1－23　圆规及其用法

(a) 针尖稍长于铅芯；(b) 使用方法；

(c) 在一般情况下画圆的方法；(d) 画较大圆或圆弧的方法

2. 分规

如图 1－24 所示，分规的形状像圆规，但两腿都为钢针。分规是用来等分线段或量取长度用的，用它量取长度是从直尺或比例尺上量取需要的长度，然后移置到图纸上各个相应的位置。用分规来等分线段，通常用来等分直线段或圆弧。为了准确地度量尺寸，分规的两针尖应平齐。

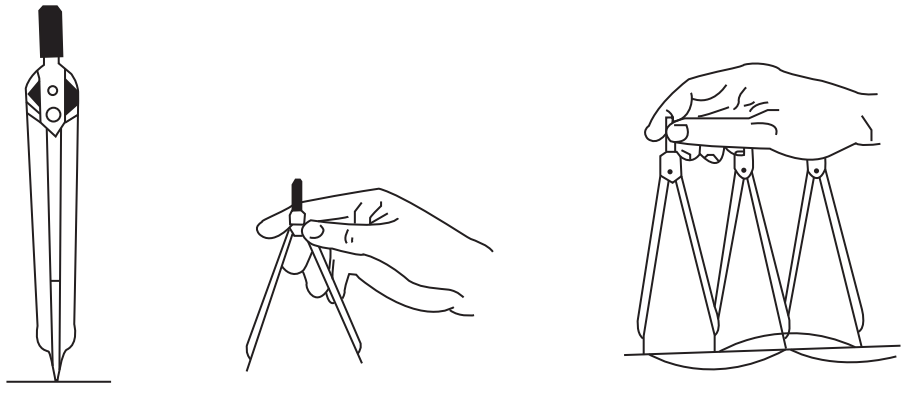
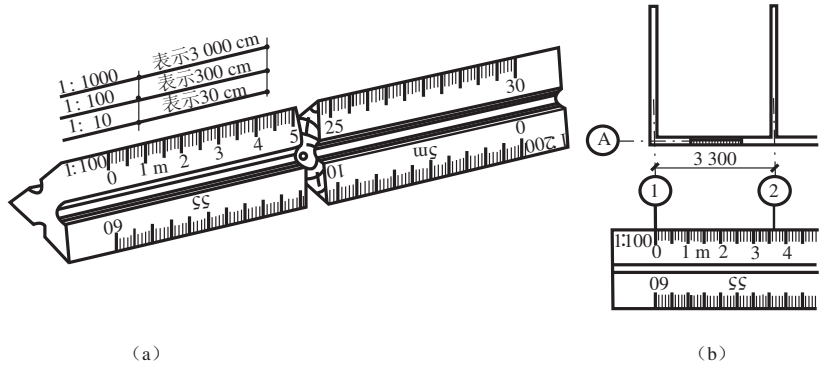


图 1-24　用分规等分线段

1.2.4　比例尺

绘图时会用到不同的比例，这时可借助比例尺来截取线段的长度。如图1-25（a)所示，比例尺上的数字以米为单位。常见的比例尺为三棱比例尺，三个尺面共有六个常用的比例刻度（1∶100，1∶200，1∶300，1∶400，1∶500，1∶600)，使用时先要在尺上找到所需要的比例，不用计算，即可按需在其上量取相应的长度作图。若绘图比例与尺上的六种比例都不同，则选取尺上最方便的一种相近的比例折算量取。要保持尺面平直和刻度清晰。



（a）　　（b）

图 1-25　比例尺

（a）三棱比例尺；（b）选定比例尺

注意不要把比例尺当直尺来画线，以免损坏尺面上的刻度。绘图时先选定比例。如图1-25（b)所示，要用 1∶100 的比例在图纸上画出 3 300 mm 长的线段，只需在比例尺的1∶100面上，找到 3.3 m，那么尺面上从 0 到 3.3 m 的一段长度，就是在图纸上需要画的线段长度。

1.2.5　铅笔

铅笔分为木铅笔和活动铅笔两种类型，通常铅笔芯有不同的硬度，分别用B、H、HB表示。B、2B为软芯铅笔，应根据所用的纸张和需要选用。使用时，应将笔尖削成锥形，注意使用时不要削有标号的一端，如图1－26所示。绘图时常用H或2H的铅笔打底稿，用HB铅笔写字，用B或2B铅笔描图。

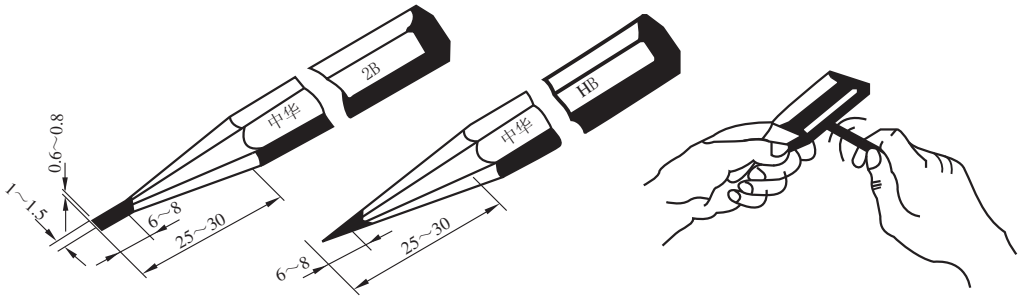


图1－26　铅笔的削法

使用铅笔绘图时，用力要均匀，用力过小则绘图不清楚，用力过大则会划破图纸或在纸上留下凹痕甚至折断笔芯，画长线时，要一边画一边旋转铅笔，这样可以保持线条的粗细一致。画线时的姿势，从侧面看笔身竖直，从正面看，笔身倾斜约60°。

1.2.6　其他工具

制图时还需要的用品有：绘图墨水、小钢笔、刀片、橡皮、胶带纸、直线、量角器和曲线板等。此外，为擦除图中可能出现的错误图线，还应准备一个透明胶片制成的擦图片等。

1.3　常用的几何作图方法

1.3.1　平行线与垂直线

1.利用三角板作已知直线的平行线

设已知直线为AB，过已知点C作直线AB的平行线［图1－27（a)］。

作法：

(1）用45°三角板的一个直角边对齐已知直线AB，再用30°三角板的一个边紧靠45°三角板的另一直角边，如图1－27（b)、(c）所示。

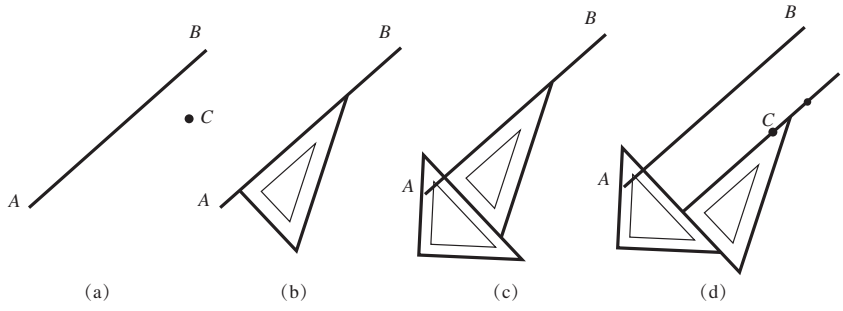


图 1－27　利用三角板画平行线

（2）沿着 30°三角板的边下移 45°三角板，使原来对齐直线 AB 的一边正好通过点 C，然后画线，如图 1－27（d）所示。

（3）如需在点 C 以外再作直线 AB 另外的平行线，则可先按紧 45°三角板，再把 30°三角板下移按住后，再移动 45°三角板至需要画线的位置。

2.利用三角板作已知直线的垂直线

设已知直线 AB，作直线 CD 与直线 AB 垂直（图 1－28）。

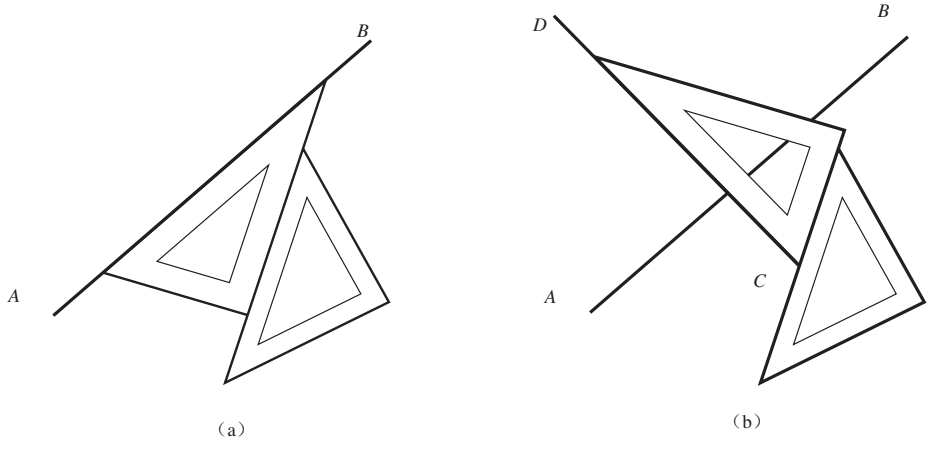


图 1－28　用三角尺作已知直线的垂直线

作法：

（1）将 30°三角板斜边对齐直线 AB，将 45°三角板斜边对齐 30°三角板的长直角边，如图 1－28（a）所示。

（2）按住 45°三角板，将 30°三角板的短垂直边紧靠 45°三角板的斜边，如图 1－28（b）所示，沿 45°三角板的斜边移动 30°三角板可作出与 AB 垂直的直线 CD。

1.3.2　正多边形作图

1.作已知圆的内接正五边形

（1）已知圆 O，如图 1－29（a）所示。

（2）作图：求出半径 OF 的中点 G，以点 G 为圆心、GA 为半径作圆，交水平直径于 H，如图 1－29（b）所示。

（3）以 AH 为半径，从点 A 开始截圆周为 5 等份，顺序连各等分点 A、B、C、D、E、A，即为所求，如图 1－29（c）所示。

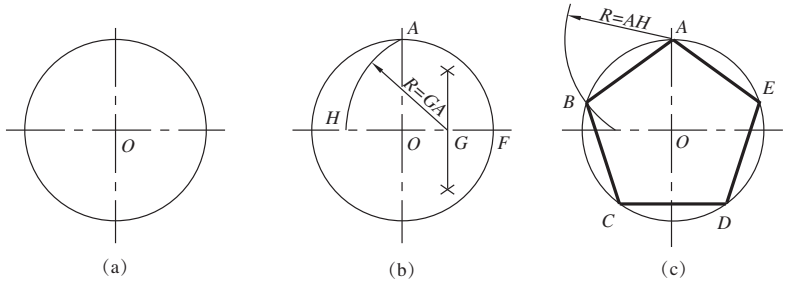


图 1－29　作圆的内接正五边形

2.作已知圆的内接正六边形

方法一：以已知圆半径 R，用圆规截取长度 R 后，依次在圆上截点，分圆周为 6 等份，顺序连点 6、1、3、5、4、2、6，即为所求［图 1－30（b、(c)］。

方法二：用丁字尺与 30°三角板配合，分圆周成 6 等份，然后按顺序连各分点，即为所求［图 1－30（d)］。

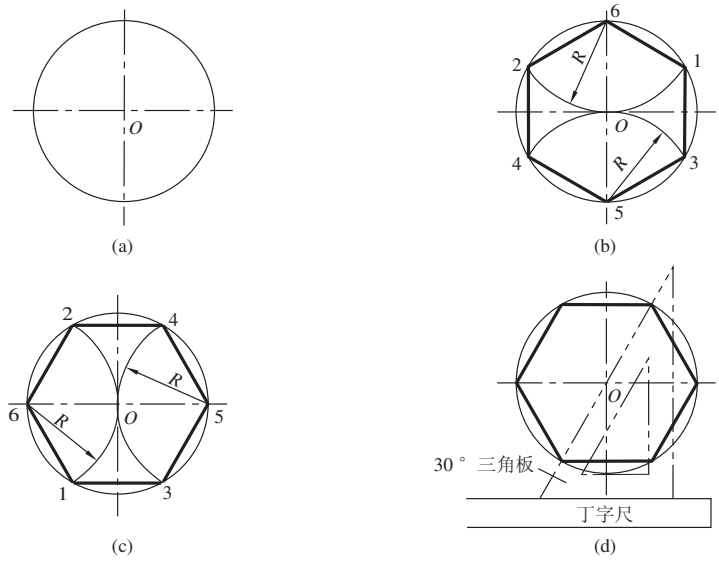


图 1－30　作圆的内接正六边形

1.3.3 圆弧连接

在平面几何图形中，常常会出现一个圆弧与相邻两线段（圆弧或直线段）光滑连接的情况，这种光滑的连接称为圆弧连接，如图 1－31 所示。

圆弧连接就是用已知半径的圆弧连接两直线、或者连接两圆弧，或者连接一直线一圆弧，如图 1－32 所示。其作图原理是相切。作图的关键是要准确地求出连接圆弧圆心和明确地求出连接点（即切点）。

连接圆弧的圆心、半径和连接点（即切点）是圆弧连接的三要素。一般已知连接圆弧半径则另两要素可以求得。

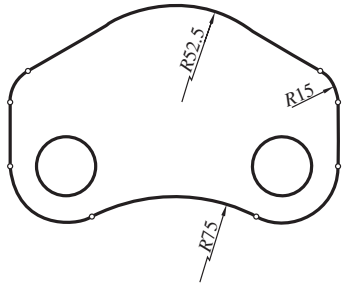


图 1－31　圆弧连接

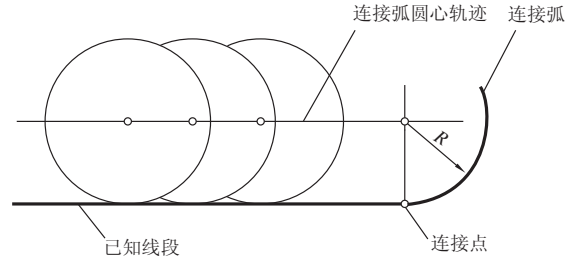


图 1－32　连接弧与直线相切

以下是圆弧连接的几种基本作图方法：

1. 圆弧连接两直线（图 1－33）

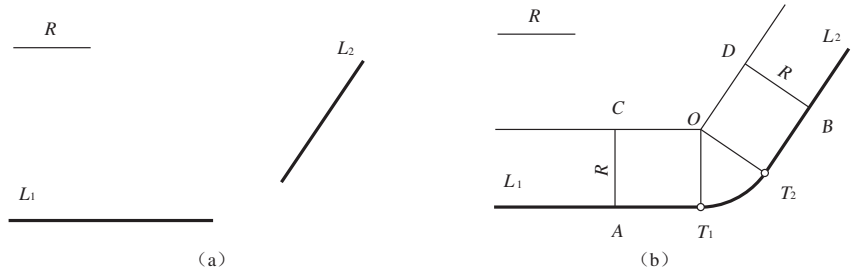


图 1－33　用圆弧连接两已知直线

已知两直线 L_1 和 L_2 以及连接圆弧半径 R，用圆弧连接直线 L_1 与 L_2［图 1－33（a）］。

作图［图 1－33（b）］：

（1）在直线 L_1、L_2 上各任意取点 A、B，过点 A、B 分别作两直线 L_1、L_2 的垂线；

（2）在两垂线上都截取相同的长度 R，得点 C、D；

（3）分别过点 C、D 作直线 L_1、L_2 的平行线，两线相交于点 O，即为连接圆弧的圆心；

（4）过点 O 分别向直线 L_1、L_2 作垂线，得垂足 T_1、T_2，即为切点；

（5）以点 O 为圆心，以 R 为半径，在 T_1、T_2 之间画圆弧，即为所求。

2. 圆弧连接一直线和一圆弧（图 1－34）

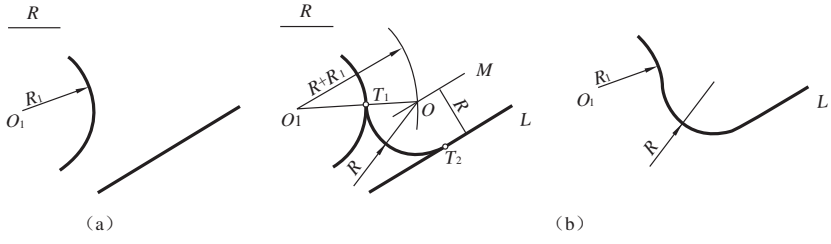


图 1－34　用圆弧连接已知圆弧及已知直线

已知直线 L 和半径为 R_1 的圆弧以及连接圆弧半径 R，用半径为 R 的圆弧连接已知直线和已知圆弧［图 1－34（a）］。

作图［图 1－34（b）］：

（1）作直线 $M/\!/L$，且使距离等于 R；

（2）以点 O_1 为圆心、（$R+R_1$）为半径画圆弧，与 M 线相交于点 O，即为连接圆弧的圆心；

（3）连点 O_1 与 O，交已知圆弧交于点 T_1，即为切点。再过点 O 作 L 的垂线，得垂足 T_2，即为另一切点；

（4）以点 O 为圆心，R 为半径，在点 T_1、T_2 之间画圆弧，即为所求。

3. 圆弧连接两已知圆弧（外切）（图 1－35）

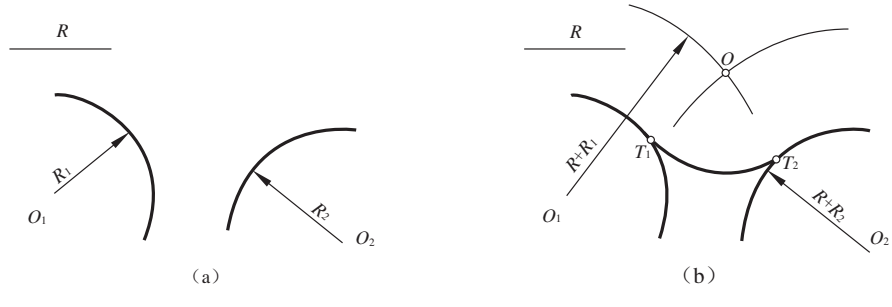


图 1－35　用圆弧连接两已知圆弧（外切）

已知连接圆弧半径 R 和半径为 R_1、R_2 的两已知圆弧，用半径为 R 的圆弧（外切）连接两已知圆弧［图 1－35（a）］。

作图［图 1－35（b）］：

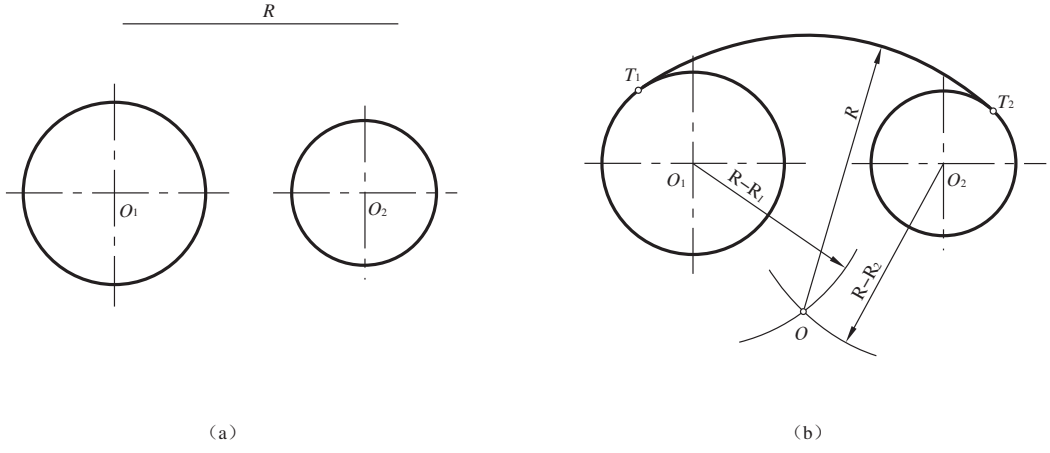
（1）以点 O_1 为圆心、（R_1+R）为半径画圆弧；

（2）以点 O_2 为圆心、（R_2+R）为半径画圆弧，与前圆弧交于点 O，即为连接圆弧的圆心；

（3）连点 O 与 O_1，与已知圆弧 O_1 交于点 T_1，连点 O 与 O_2 与已知圆弧 O_2 交于点 T_2，点 T_1、T_2 即为切点；

（4）以点 O 为圆心，以 R 为半径，在点 T_1、T_2 之间画圆弧 R，即为所求。

4. 圆弧连接两已知圆弧（内切）（图 1－36）



（a）　　（b）

图 1－36　用圆弧连接两已知圆弧（内切）

已知连接圆弧半径 R 和半径为 R_1、R_2 的两已知圆弧，用半径为 R 的圆弧（内切）连接两已知圆弧［图 1－36（a）］。

作图［图 1－36（b）］：

（1）以点 O_1 为圆心、（$R-R_1$）为半径画圆弧；

（2）以点 O_2 为圆心、（$R-R_2$）为半径画圆弧，与前圆弧交于点 O 即为连接圆弧的圆心；

（3）连点 O 和 O_1 交圆 O_1 交于点 T_1、连点 O 与 O_2，与圆 O_2 交于点 T_2，点 T_1 和 T_2 即为切点；

（4）以点 O 为圆心、R 为半径，在点 T_1、T_2 之间画圆弧，即为所求。

1.3.4　椭圆

画椭圆的方法有很多，四心法作椭圆方便准确，图 1－37 为采用该方法完成椭圆的步骤。

已知椭圆的长轴 AB 和短轴 CD，如图 1－37（a）所示。

作图步骤如下：

（1）以 O 为同心、OA 为半径作圆弧，交 DC 延长线于点 E，连接 AC，以 C 为圆心、CE 为半径，画弧交 CA 于点 F，如图 1－37（b）所示。

（2）作 AF 的垂直平分线，交 AO 于 O_1，交 DO 于 O_2，在 OB 上截取 $OO_3=OO_1$，在 OC 上截取 $OO_4=OO_2$，如图 1－37（c）所示。

（3）分别以 O_1、O_2、O_3、O_4为圆心，O_1A、O_2C、O_3B、O_4D 为半径作圆弧，使各弧在 O_2O_1，O_2O_3、O_4O_1、O_4O_3的延长线上的 G、J、H、I 四点处连接，如图 1－37（d）所示。

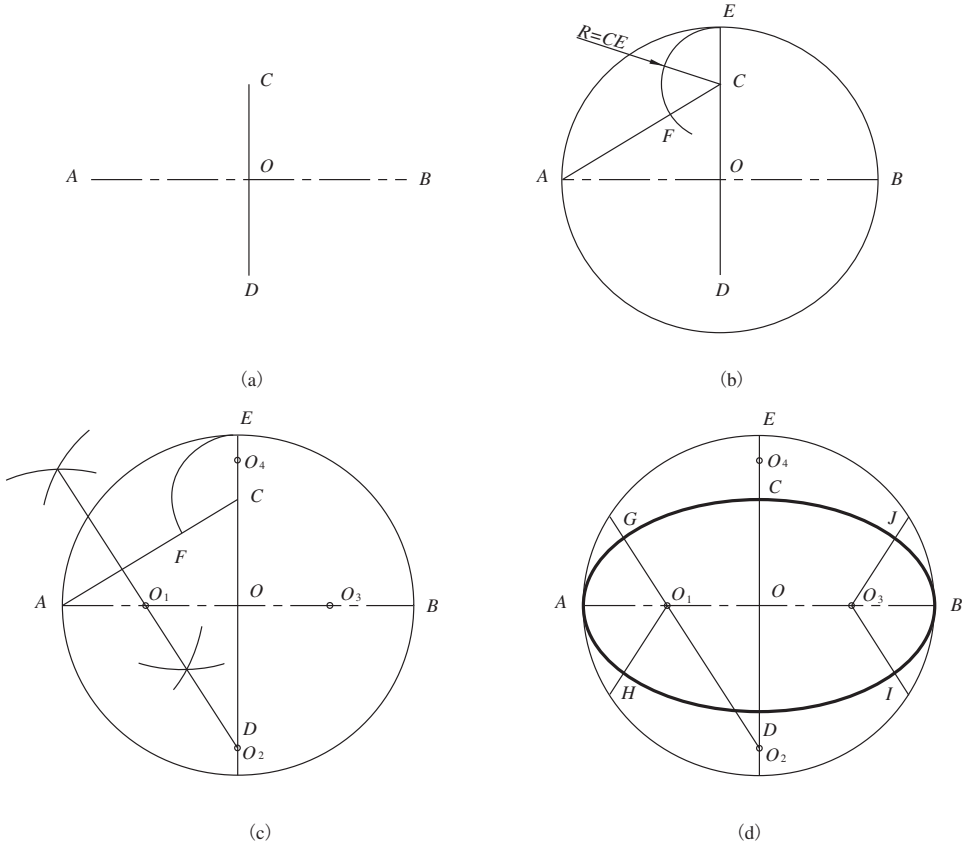


图 1－37　四心圆法作椭圆

1.4　手工绘图的方法与步骤

1.4.1　尺规绘图的步骤与方法

正确使用绘图工具和仪器，应用几何作图的方法，掌握图线线型的画法以及适当的绘图步骤，是提高图面质量和制图速度的保证。

平面图形是由若干条线段所围成的，而线段的形状与大小是根据给定的尺寸确定的。构成平面图形的各种线段中，有些线段的尺寸是已知的，可以直接画出，而有些线段的尺寸的条件不足，需要用几何作图的方法求出后才能画出，因此，画图前必须对平面图形的尺寸和线段进行分析。

平面图形的尺寸分析：

1.尺寸基准

尺寸基准是标注尺寸的起点。平面图形的长度方向和高度方向都要确定一个尺寸基谁。尺寸基准常常选用图形的对称线、底边、侧边、图中圆周或圆弧的中心线等。

2.定形尺寸和定位尺寸

定形尺寸是确定平面图形各组成部分大小的尺寸；定位尺寸是确定平面图形各组成部分相对位置的尺寸。从尺寸基准出发，通过各定位尺寸，可确定图形中各个部分的相对位置，通过各定形尺寸，可确定图形中各个部分的大小，于是就可以完全确定整个图形的形状和大小，准确地画出这个平面图形。

3.尺寸标注的基本要求

平面图形的尺寸标注要做到“完整”、“正确”、“清晰”。“完整”是指标注尺寸没有遗漏，也没有多余或矛盾尺寸；“正确”是指标注尺寸应符合国家标准的规定；“清晰”是指尺寸标注得清楚、明显，并标注在便于看图的地方。

平面图形的线段分析：

根据平面图形的圆弧连接处的线段是否完整可分为以下三类：

1）已知线段

根据给出的尺寸可以直接画出的线段称为已知线段，即这个线段的定形尺寸和定位尺寸都完整。

2）中间线段

有定形尺寸，缺少一个定位尺寸，需要依靠另一端相切或相接的条件才能画出的线段称为中间线段。

3）连接线段

有定形尺寸，缺少两个定位尺寸，需要依靠两端相切或相接的条件才能画出的线段称为连接线段。

如果在平面图形中存在这两类或三类线段的圆弧连接处，绘图时，应先画出已知线段，再画出中间线段，最后画连接线段。

现以图 1－38 所示平面图形（扶手）为例，介绍绘图的方法与步骤。

1.作图的一般步骤

（1）图形分析。分析图形中哪些是已知线段，哪些是连接线段，以及图形各部分的尺寸大小；

（2）根据图形大小选择比例及图纸幅面；

（3）固定图纸；

（4）用 2H 或 H 铅笔画底稿，画底稿的步骤如图 1－38 所示；

（5）检查无误后，擦去多余作图线，描深并标注图形各部分尺寸。

2.描深的一般步骤

（1）先加深圆及圆弧；

（2）用丁字尺和三角板按水平线、垂直线、斜线的顺序加深粗实线；

（3）画中心线、尺寸界线、尺寸线，填写尺寸数字；

（4）写标题栏。

完成的平面图形如图 1－38（a）所示。

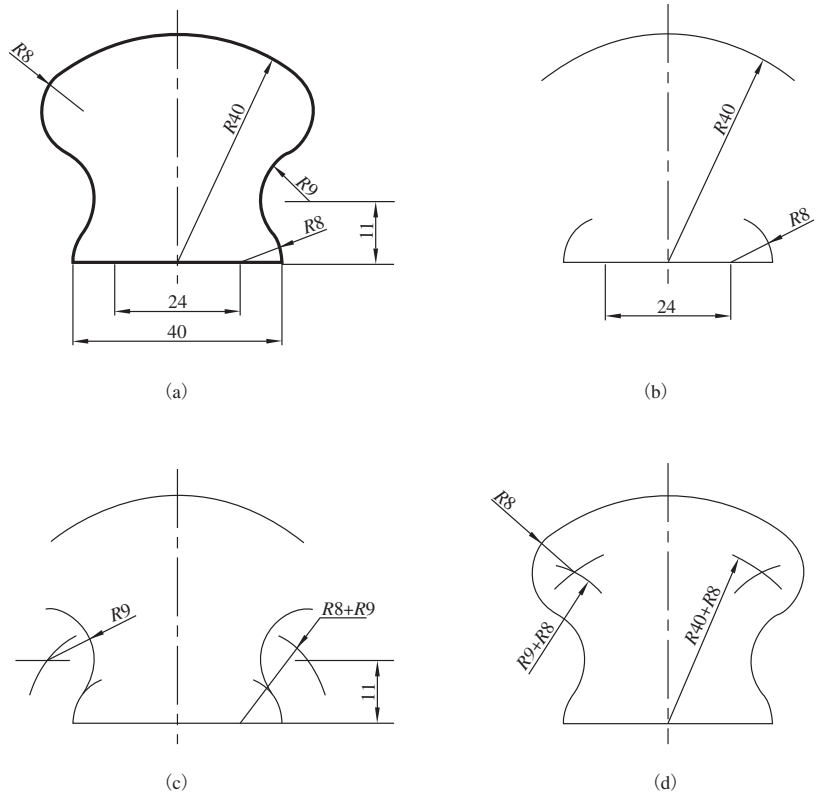


图 1－38　绘制平面图形的方法和步骤

1.4.2　徒手绘图的方法

用绘图仪器画出的图，称为仪器图；不用仪器，徒手作出的图称为草图。草图是技术人员交流、记录、构思、创作的有力工具，技术人员须熟练掌握徒手作图的技巧。草图的“草”字只是指徒手作图而言，并没有允许潦草的含义。草图上的线条也要粗细分明，基本平直，方向正确，长短大致符合比例，线型符合国家标准。画徒手图一般先用 HB 或 B、2B 铅笔，常在印有色线格纸上画图。

徒手绘图是工程技术人员必须具备的一种重要的基本技能，只有经过不断实践，才能逐步提高徒手绘图的水平，下面介绍各种图线的徒手画法。

画直线时，眼睛看着图线的终点，用力均匀，一次画成。画短线常用手腕运笔，画长线则以手臂动作，且肘部不宜接触纸面，否则不易画直。画较长线时，也可以用目测在直线中间定出几个点，然后分段画。水平线由左向右画，铅垂线由上向下画，如图 1－39 所示。

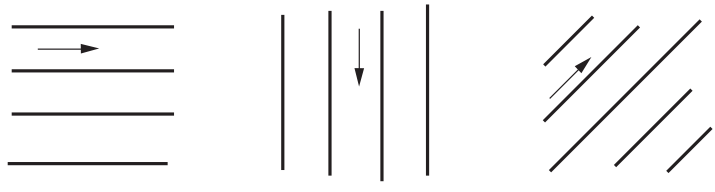


图 1－39　徒手画直线

等分线段时，根据等分数的不同，应凭目测，先分成相等或成一定比例的两（或几）大段，然后，再逐步分成符合要求的多个相等小段。如八等分线段，先目测取得中点 4，再取分点 2、6，最后取其余分点 1、3、5、7，如图 1－40（a)所示。又如五等分线段，先目测将线段分成 3∶2，得分点 2，再得分点 3，最后取得分点 1 和 4。如图 1－40（b）所示。等分线段需要较强的目测能力，必须反复练习。

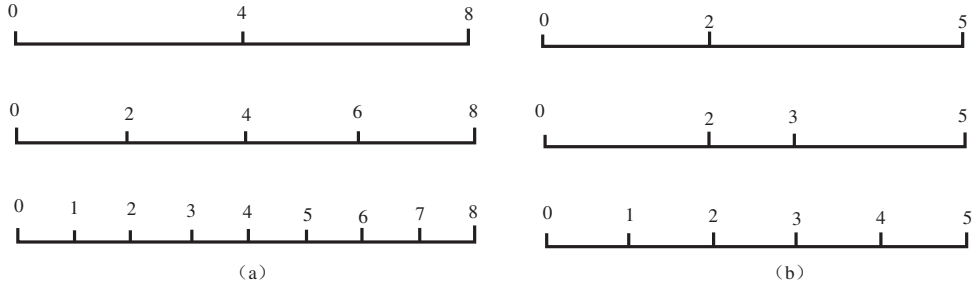


图 1－40　等分线段

（a）八等分；（b）五等分

画角度线时，对 30°、45°、60°等常见角度，可根据两直角边的比例关系，定出两端点，然后连接两点即为所画的角度线。如画 10°、15°等角度线，可先画出 30°角后，再等分求得，如图 1－41 所示。

画圆时，先徒手作两条互相垂直的中心线，定出圆心，再根据直径大小，目测估计半径大小，在中心线上截得四点，然后徒手将各点连接成圆。当所画的圆较大时，可过圆心多作几条不同方向的直径线，在中心线和这些直径线上按目测定出若干点后，再徒手连成圆。如图 1－42 所示。

画椭圆时，根据椭圆的长短轴，目测定出其端点位置，过四个端点画一矩形，再徒手作椭圆与此矩形相切，如图 1－43 所示。

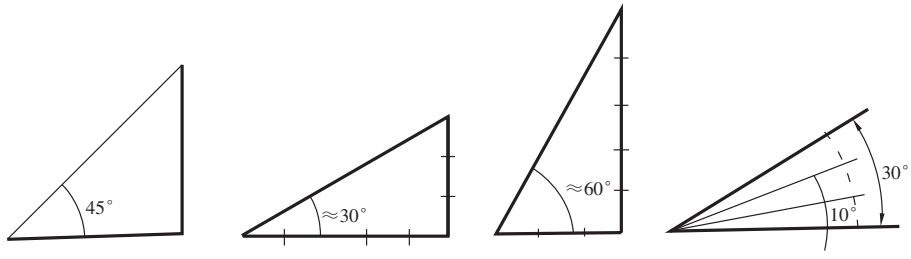


图 1－41　徒手画角度线

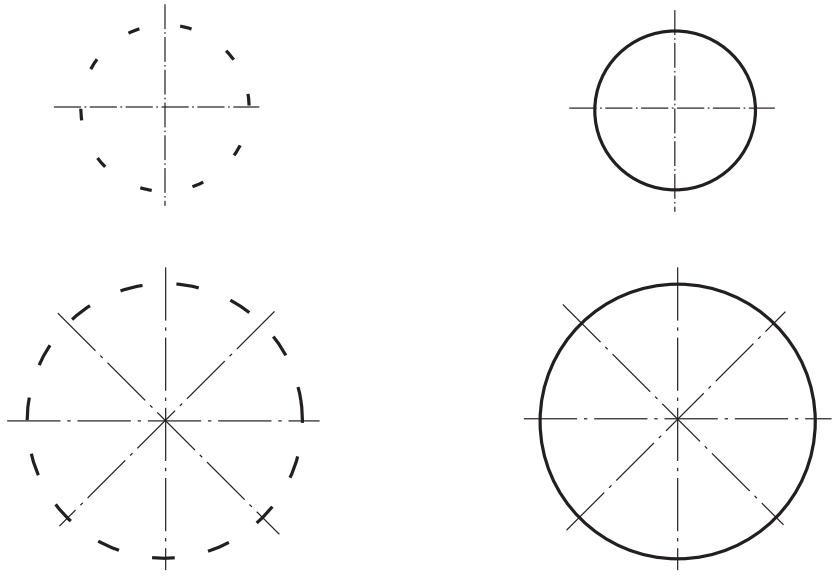


图 1－42　徒手画圆

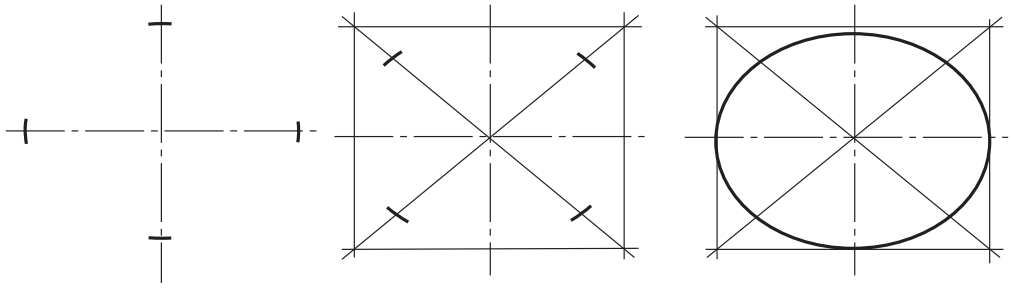


图 1－43　徒手画椭圆