

绪 论

一、本课程的教学目的

在生产实践中，无论是建造房屋、修路架桥或者制造机器、安装设备都需要依照图样进行施工或生产。图样不仅用来表达设计者的设计意图，也是指导实践、研究问题、交流经验的主要技术文件 因而图样被喻为工程界的“技术语言”。若不懂这种“技术语言”无疑好似技术界的“文盲”本课程的教学目的就是为掌握这种“语言”即通过学习图示理论与方法，掌握绘制和阅读工程图样的技能。它是工程各科专业必修的一门主干技术基础课。

各种图样绘制的原理是相同的，但不同专业有不同的表达内容与特点，《交通土建工程制图》则主要适用于交通土建工程专业人员学习。

二、本课程的教学内容与研究对象

本册教材主要包括画法几何、制图基础、工程制图三部分内容，画法几何相当于这门“技术语言”的语法部分，主要研究应用投影原理进行图示和图解空间几何问题的理论与方法，为工程制图提供了理论基础。制图基础则主要介绍国家制图标准、绘图工具的使用和绘图技巧，以及空间形体的表达方法，为工程制图作准备。工程制图部分则以路桥工程图为主，具体介绍专业图的图示内容与图示特点，是前两部分内容的实施与应用。三部分内容关系密切，也为后续课程计算机绘图与计算机辅助设计奠定了图示基础

三、本课程的教学任务

1. 学习用投影理论（主要是正投影）表示空间形体的图示法和解决空间几何问题的图解法。
2. 熟悉国家制图标准，掌握绘制与阅读工程图的技能。
3. 培养和发展空间想象力，提高空间分析问题与解决问题的能力
4. 培养严谨、认真、细微的工作作风与科学的工作方法。

四、本课程的特点与学习方法

空间三维形体如何用二维平面图表达或由二维平面图样如何想象三维空间形体，这是本课程特有的要解决的主要矛盾。其图示理论虽然与立体几何知识有密切关系，但又是通过全新的投影概念去观察、分析和解决问题的，初学者往往会感到陌生、抽象和困难，所以一定注意以下学习方法：

1. 认真听课、积极思维。画法几何内容从点、线、面到体 由浅入深 逻辑性很强 环环相扣 学习中必须认真听好每一堂课 及时消化 步步为营 稳扎稳打 借助模型、直观图，加强实物对照，积极主动思维，逐渐培养抽象思维能力。

2. 加强实践，理论联系实际。无论是画法几何还是工程制图的内容都要通过完成相当数量的习题或制图作业才能掌握，故在勤动脑的同时还需勤动手。特别是要经常注意观察和了解工程实际，并善于结合所学理论进行对照和理解，不断提高绘图与读图的技能。

3. 严格要求、一丝不苟。认真、细致是一切从事工程技术工作的高级人才所必须具备的工作作风与基本素质，也是学习好本课程不可缺少的思想作风，图样上的任何疏漏、错误都会给工程造成不可弥补的损失。所以必须从一开始严格要求，每一条线、每一个字，都应一丝不苟认真对待。注意绘图工具的正确使用，加强基本功的训练，力求作图准确、迅速、美观，为日后工作实践打下良好的基础。

第一章 制图基础

随着科学技术的发展,生产规模日益宏大,专业的分化、组合越来越深入,为促进技术交流和传播,作为媒体之一的图表、文字等信息资料必须进行规范化。本章主要介绍《道路工程制图标准》GB 50162—92(以下简称《国标》)的有关规定、绘图工具的使用方法及常用的几何作图等内容

§ 1-1 基本规格

为使工程图的图面清晰、符合生产要求、便于技术交流和利于存档,《国标》对图幅大小、图线的线型、尺寸标注、图例、字体等都做了统一的规定。

一、图幅

图幅:每项工程的图表文件少则有几页至几十页,多则有几本乃至几十本。为了便于装订、管理和合理使用图纸,首先图幅大小均应按国家标准规定(表 1-1)执行。表中尺寸代号见图 1-1;其次在选用图幅时,应以一种规格为主,尽量避免大小幅面掺杂使用。

图幅及图框尺寸 (mm)

表 1-1

图幅代号	A0	A1	A2	A3	A4
尺寸代号					
b × l	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297
a	35	35	35	35	25
c	10	10	10	10	10

从表 1-1 中可知,图纸幅面的边长尺寸成 $\sqrt{2}$ 倍数关系,即 $L = \sqrt{2}b$,且 A0 号幅面的面积为 1m^2 ,A1 幅面是沿 A0 幅面长边的对裁,A2 幅面是沿 A1 幅面长边的对裁,其它幅面类推。A0 号幅面经反复对裁长边,可得 8 张 A3 幅面。

在土建工程中,会有三个向度大小相差很大的建筑物,绘制此类建筑物,使用标准图幅不足以表达建筑物时,可加长图幅。但图幅的短边不得加长,长边加长的长度是:图幅 A0、A2、A4 应为 150mm 的整倍数,图幅 A1、A3 为 210mm 的整倍数。

图标:图标宜采用图 1-2 中的一种。图

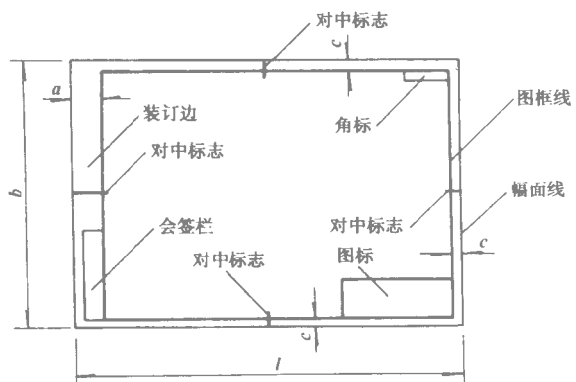


图 1-1 幅面格式

标应布置在图框内右下角见图 1-1，图标外框线线宽宜为 0.7mm；图标内分格线线宽宜为 0.25mm。图 1-2 为几种常见的图标形式。

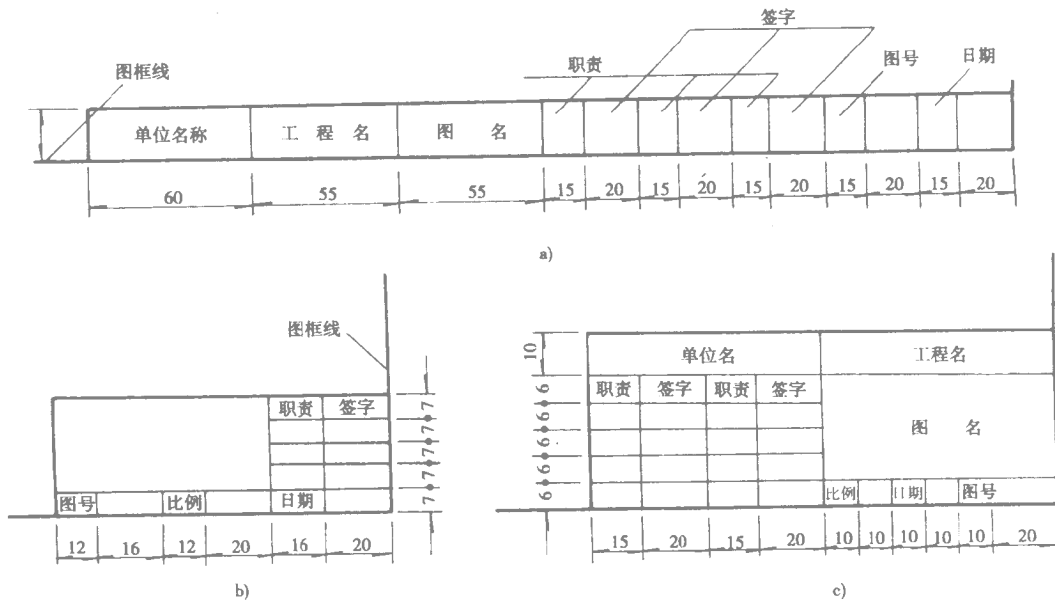


图 1-2 图标 (单位:mm)

会签栏：会签栏应布置在图框外左下角见图 1-1 并按图 1-3 绘制，会签栏外框线线宽宜为 0.5mm 内分格线线宽宜为 0.25mm。

角标：当图纸要绘制角标时，应布置在图框内的右上角见图 1-1 角标线线宽宜为 0.25mm 见图 1-4。

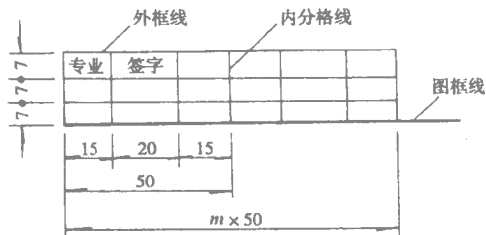


图 1-3 会签栏 (单位:mm)

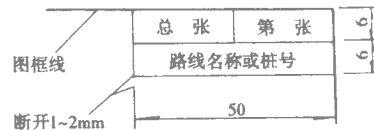


图 1-4 角标 (单位:mm)

学生在校学习期间另设有实习用标题栏 (详见《交通土建工程制图习题集》) 会签栏、角标、标尺可不设。

二、字体

文字、数字、字母、符号是工程图的重要组成部分。若字体潦草，导致辨认困难，或被误认为其它，容易造成工程事故，给国家和个人带来损失，同时也会影响图面整洁美观因此不仅要求图纸上的字体端正、笔画清晰、排列整齐、标点符号清楚正确；而且要求采用规定的字体和按规定的大小书写。

(一) 汉字

汉字应采用国家公布使用的简化汉字。除有特殊要求外，不得使用繁体字。汉字的书写

要求采用从左向右, 横向书写的格式, 并应书写长仿宋体字。长仿宋体字的字高和字宽尺寸, 可按表 1-2 的规定采用。字高为 10mm 即称 10 号字, 字高为 7mm 即称 7 号字, 余类推。图册封面、大标题等的字体宜采用仿宋体等易于辨认的字体。

长仿宋体字的高宽尺寸 (mm)

表 1-2

字 高	20	14	10	7	5	3.5	2.5
字 宽	14	10	7	5	3.5	2.5	1.8

注: 当采用打字机打印汉字时, 宜选用仿宋体或高宽比为 $\sqrt{2}$ 的字形。

书写长仿宋体字的要领是 横平竖直 起落分明 笔锋满格 结构匀称, 见图 1-5 所示。

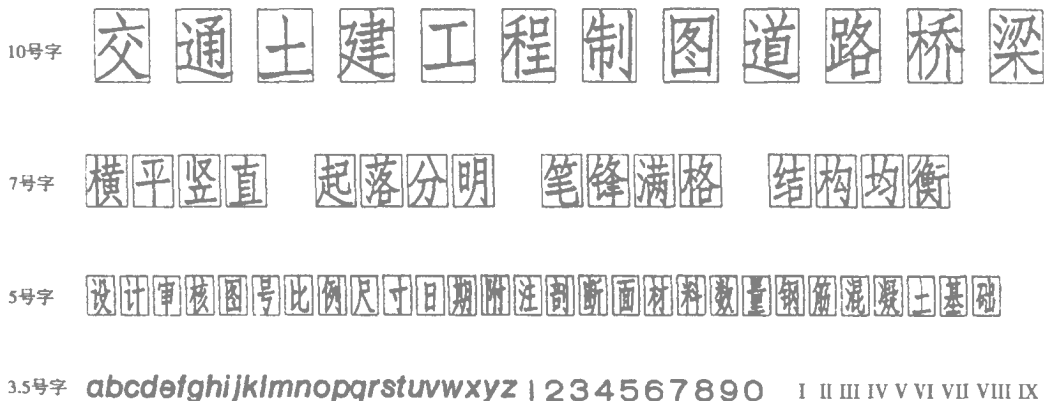


图 1-5 汉字、字母、数字示例

长仿宋体字和其它汉字一样, 都是由八种基本笔划组成, 见表 1-3。在书写时, 要掌握基本笔划的特点。注意在运笔时, 起笔和落笔要有棱角, 使笔划形成尖端或三角形。同时注意合理安排汉字的结构布局, 笔划之间的间隔应均匀相称, 偏旁部首比例适当, 要写好长仿宋字, 正确的办法就是按字体大小, 先用细实线打好方格, 多描摹和临摹, 多看多写, 持之以恒, 自然熟能生巧。

仿宋字体基本笔划及运笔

表 1-3

名称	横	竖	撇	捺	挑	点	钩
笔画							
运笔							
说明	横应略向上斜, 运笔应有起落、顿挫棱角	竖要垂直, 运笔同横	撇应同字格对角线基本平行, 起笔重落笔轻	起笔轻落笔重, 做捺角成三角形	起笔重、落笔尖细如针	点应起笔轻、尖, 落笔渐曲渐重	竖钩: 竖要挺直, 钩要尖细如针 弯钩: 由直转弯, 过渡要圆滑

当图纸中有需要说明的事项时，宜在每张图右下角的图标上方处加以叙述，该部分文字应采用“注”字标明。字样“注”应写在叙述事项的左上角，每条注的结尾应标以句号。说明事项需要划分层次时，第一、二、三层次的编号应分别用阿拉伯数字、带括号的阿拉伯数字及带圆圈的阿拉伯数字标注。图纸中文字说明不宜用符号代替名称。当表示数量时，应采用阿拉伯数字书写。如三千零五十毫米应写成 3050mm，三十二小时应写成 32h。当图纸需要缩小复制时，图幅 A0、A1、A2、A3、A4 中汉字字高分别不应小于 10、7、5、3.5mm

(二) 字母、数字

图纸中的阿拉伯数字、外文字母、汉语拼音字母的笔划宽度宜为字高的 1/10。大写字母的字宽宜为字高的 2/3，小写字母的高度应以 *b、f、h、p、g* 为准，字宽宜为字高的 1/2；*a、m、n、o、e* 的字宽宜为上述小写字母高度的 2/3。字例见图 1-5。在同一图册中，数字与字母的字体可采用直体或斜体。直体笔划的横与竖应成 90°，斜体字字头向右倾斜，与水平线应成 75°，字母不得采用手写体。

图纸中分数不得用数字与汉字混合表示，如五分之一应写成 1/5，不得写成 5 分之 1。不够整数位的小数数字，小数点前应加 0 定位。











三、图线

在绘制土建工程图时，为了表示图中的不同内容，并且能够分清主次，必须使用不同线型和不同粗细的图线。

土建工程图的图线线型有实线、虚线、点划线、折断线、波浪线等，其画法和用途见表 1-4。图线的宽度应根据图的复杂程度及比例大小，从下列规定的线宽系列中选取：0.18、0.25、0.35、0.5、0.7、1.0、1.4、2.0(mm)。土建工程一般使用三种线宽，且互成一定的比例，即粗线（线宽记为 *b*）、中粗线、细线的比例规定为 $b:0.5b:0.25b$ 。因此，当选定了基本图线（粗实线）的宽度 *b*（表 1-4 中的第一项）时，中粗线及细线的宽度也就随之确定，成为一个线宽组，见表 1-5。图框线和标题栏线的宽度，将随图纸幅面的大小而不同，可以参考表 1-6 来选用。

图线的线型、线宽用途及其画法

表 1-4

名 称	线 型	线 宽	一 般 用 途
标准实线		<i>b</i>	可见轮廓线、钢筋线
中实线		0.5 <i>b</i>	较细的、可见轮廓线、钢筋线
细实线		0.25 <i>b</i>	尺寸线、剖面线、引出线、图例线等
加粗实线		1.4 <i>b</i> ~ 2.0 <i>b</i>	图框线、路线设计线、地平线等
粗虚线		<i>b</i>	地下管线或建筑物
中虚线		0.5 <i>b</i>	不可见轮廓线
细点划线		0.25 <i>b</i>	中心线、对称线、轴线等
双点划线		0.25 <i>b</i>	假想轮廓线
波浪线		0.25 <i>b</i>	断开界线
折断线		0.25 <i>b</i>	断开界线

线 宽 组 合

表 1-5

线宽类别	线 宽 系 列 (mm)				
b	1.4	1.0	0.7	0.5	0.35
$0.5b$	0.7	0.5	0.35	0.25	0.25
$0.25b$	0.35	0.25	0.18 (0.2)	0.13 (0.15)	0.13 (0.15)

注 表中括弧内的数字为代用的线宽

图纸图框线和标题栏线的宽度 (单位: mm)

表 1-6

图纸幅面	图框线	标题栏外框线	标题栏分格线
A0、A1	1.4	0.7	0.35
A2、A3、A4	1.0	0.7	0.35

相交图线的绘制应符合下列规定:

- 1) 当虚线和虚线或虚线与实线相交时 不留空隙 交于短线处 见图 1-6a)。
- 2) 当实线的延长线为虚线时, 应留空隙, 见图 1-6b)。
- 3) 当点划线与点划线或点划线与其它图线相交时, 交点应设在线段处 见图 1-6c)

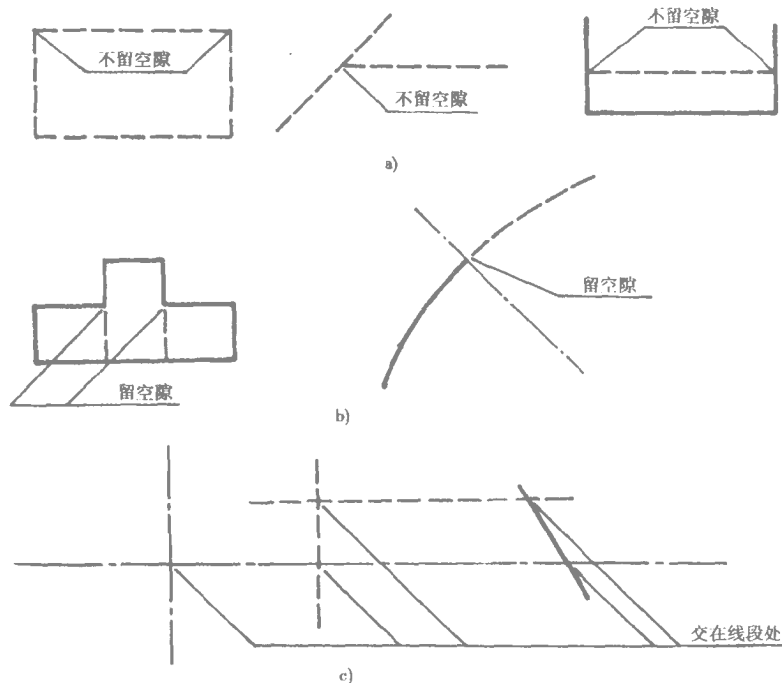


图 1-6 图线相交的画法

图线间的净距不得小于 0.7mm 。

四、比例

图样中图形与实物相应线性尺寸之比称为比例。比例大小即为比值大小如 1:50 大于 1:100。绘图比例的选择应根据图面布置合理、匀称、美观的原则按图形大小及图面复杂程度确定。

比例应采用阿拉伯数字表示，宜标注在视图图名的右侧或下方，字高可为视图图名字高的 0.7 倍 见图 1-7。当同一张图纸中的比例完全相同时，可在图标中注明，也可在图纸中适当位置采用标尺标注。当竖直方向与水平方向的比例不同时可用 V 表示竖直方面比例 用 H 表示水平方向比例



图 1-7 比例的标注

应当注意，当采用一定的比例画图时，最后图样上标注的尺寸数字是结构物的实际尺寸，而与所采用的比例无关。

五、坐标

为了表示地区的方位和路线的走向，地形图上需画出坐标网格或指北针。图纸上指北针标志的绘制见图 1-8a)。用网格表示坐标，坐标网格应采用细实线绘制，南北方向轴线代号应为 X 东西方向轴线代号应为 Y 坐标网格也可采用十字代替 如图 1-8b)。坐标值的标注应靠近被标注点，书写方向平行于网格延长线。

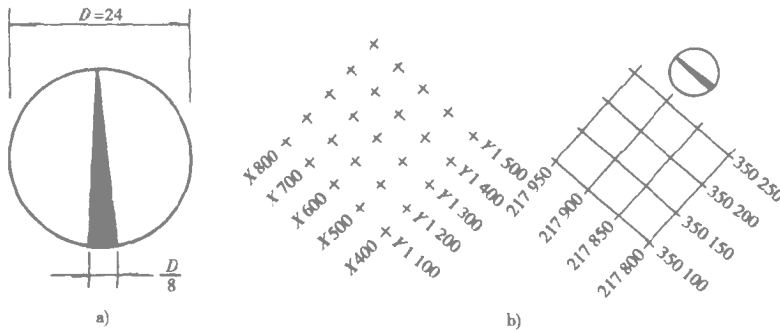


图 1-8 坐标网格及指北针的绘制

a) 指北针的绘制 ; b) 坐标网格及标线

当坐标数值位数较多时，可将前面相同数字省略，但应在图纸中说明。坐标数值也可采用间隔标注。当需要标注的控制坐标点不多时，宜采用引出线的形式标注。水平线上、下应分别标注 X 轴、 Y 轴的代号及数值见图 1-9。当需要标注的控制坐标点较多时，图纸上可仅标注点的代号，坐标数值可在适当位置列表示出。坐标数值的计量单位应采用米，并精确至小数点后三位。

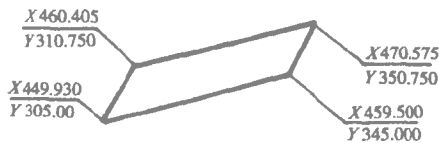


图 1-9 控制点坐标的标注

例： $\frac{X}{Y} \frac{460.405}{310.750}$ 就是该点距坐标原点向北 460.405米 向东 310.750 米。

六、尺寸标注

工程图上除画出构造物的形状外，还必须准确、完整和清晰地标出构造物的实际尺寸，作为施工的依据。

1. 尺寸四要素：尺寸是由尺寸界线、尺寸线、尺寸起止符和尺寸数字四要素组成见图 1-10。

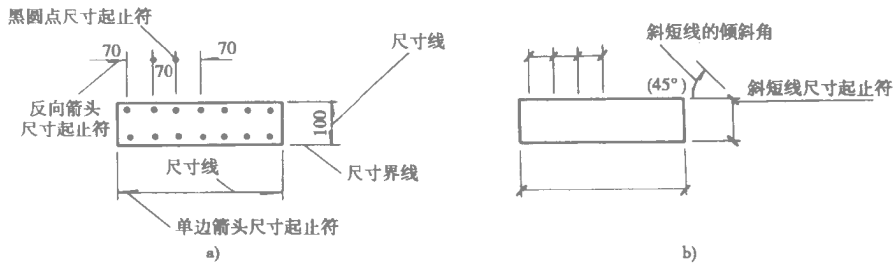


图 1-10 尺寸要素的标注

下面介绍尺寸四要素的画法及其注意事项：

1) 尺寸界线：由一对垂直于被标注长度的平行线组成，其间距等于被标注的长度；当标注有困难时，也可不垂直于被标注长度，但尺寸界线应互相平行。尺寸界线应采用细实线，它的一端应靠近所标注的图形轮廓线，另一端宜超出尺寸线 $1 \sim 3\text{mm}$ 。图形轮廓线、中心线也可作为尺寸界线 见图 1-11。

2) 尺寸线：尺寸线必须与被标注长度平行，不应超出尺寸界线，任何其它图线均不得作为尺寸线。尺寸线应用细实线。当标注位置不足时，可采用反向箭头，见图 1-10。相互平行的尺寸线应从被标注的图形轮廓线由近向远排列，平行尺寸线间的间距可在 $5 \sim 15\text{mm}$ 之间。分尺寸线应离轮廓线近，总尺寸线应离轮廓线远 见图 1-12。即大尺寸线包小尺寸线。

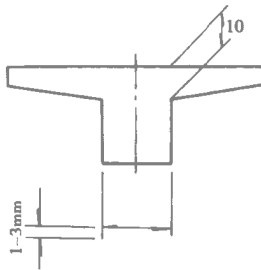


图 1-11 尺寸界线的标注

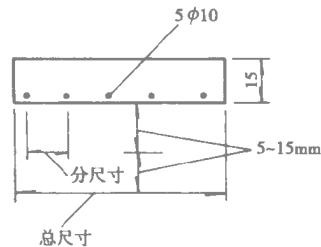


图 1-12 尺寸线的标注

3) 尺寸起止符：尺寸起止符宜采用单边箭头表示，箭头在尺寸界线的右边时，应标注在尺寸线之上；反之，应标注在尺寸线之下。箭头大小可按绘图比例取值。尺寸起止符也可采用斜短线表示。斜短线采用中粗线，长度约为 $2 \sim 3\text{mm}$ ，其倾斜方向与尺寸界线成顺时针转 45° 角，但全图必须采用统一的尺寸起止符。在连续表示的小尺寸中，也可在尺寸界线同一水平位置，用黑圆点表示尺寸起止符，见图 1-10。

4) 尺寸数字：尺寸数字宜标注在尺寸线上方中部。当标注位置不足时，最外边的尺寸数字，可标注在尺寸界线外侧箭头的上方，中部相邻的尺寸数字可错开标注见图 1-10。尺寸数字及文字书写方向应按图 1-13 标注。在任何情况下，图线不得穿过尺寸数字。

2. 尺寸标注中的一些规定：

1) 引出线的斜线与水平线应采用细实线，其交角 α 可按 90° 、 120° 、 135° 、 150° 绘制。当视图需要文字说明时，可将文字说明标注在引出线的水平线上。当斜线在一条以上时，各斜线宜平行或交于一点，见图 1-14。



图 1-13 尺寸数字、文字的标注

2) 半径与直径的标注

半径与直径可按图 1-15a) 标注。当圆的直径较小时，半径与直径可按图 1-15b) 标注。当圆的直径较大时，半径尺寸的起点可不从圆心开始，见图 1-15c)。半径和直径的尺寸数字前，应标注“ $r(R)$ ”或“ $d(D)$ ” 见图 1-15b)。

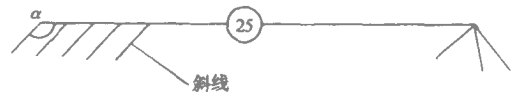


图 1-14 引出线的标注

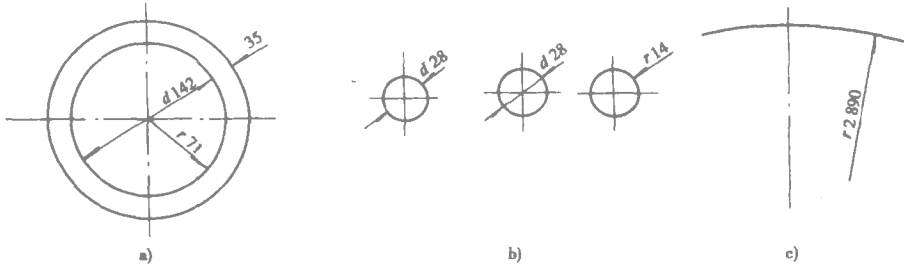


图 1-15 半径与直径的标注

3) 角度的标注：角度尺寸线应以圆弧表示。角的两边为尺寸界线。角度数值宜写在尺寸线上方中部。当角度太小时，可将尺寸线标注在角的两条边的外侧。角度数字宜按图 1-16 标注。

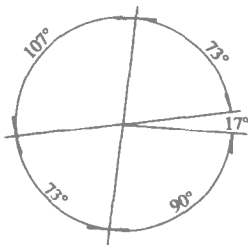


图 1-16 角度的标注

4) 尺寸的简化画法应符合下列规定：

a) 连续排列的等长尺寸可采用“间距数乘间距尺寸”的形式标注，见图 1-17。

b) 两个相似图形可仅绘制一个。未示出图形的尺寸数字可用括号表示。如有数个相似图形，当尺寸数值各不相同，可用字母表示。例图 1-17 中 m, d 。其尺寸数值应在图幅中适当位置列表示出。见表 1-7。

表 1-7

编号	尺寸	
	m	d
1	25	10
2	40	20
3	60	30

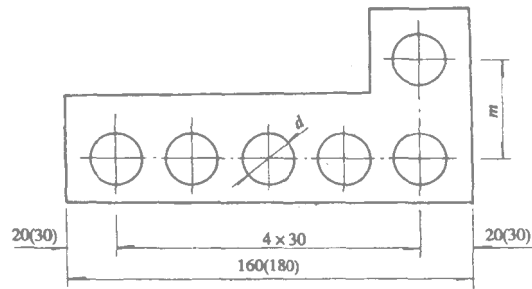


图 1-17 相似图形的标注

5) 标高的标注：标高符号应采用细实线绘制的等腰直角三角形表示。高为 2~3mm，底角为 45°。顶角应指至被注的高度，顶角向上、向下均可。标高数字宜标注在三角形的右边。负标高应冠以“-”号，正标高包括零标高，数字前可不冠以“+”号。当图形复杂时，也可采用引出线形式标注，见图 1-18a)。水位标注见图 1-18b)。



图 1-18 标高与水位的标注
a) 标高的标注 ; b) 水位的标注

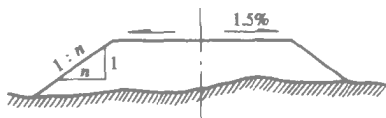


图 1-19 坡度的标注

6)坡度的标注：当坡度值较小时，坡度的标注宜用百分率表示，并应标注坡度符号。坡度符号应由细实线、单边箭头以及在线上标注的百分数组成。坡度符号的箭头应指向下坡。当坡度值较大时，坡度的标注宜用比例的形式表示，例如 $1:n$ 见图 1-19。

§ 1-2 制图工具及其使用方法

“没有规矩 不成方圆”。手工绘制工程图要利用制图工具来完成。为保证工程图的绘制质量和加快绘图速度，必须熟悉制图工具的性能，熟练地掌握各种工具的正确使用方法 还要注意绘图工具的保存。

常用的绘图工具有图板、三角板、丁字尺、铅笔、比例尺等，绘图仪器有圆规、分规、鸭嘴笔等 如图 1-20 所示。

一、图板、丁字尺

图板的表面要软硬适中，平坦光滑，有大、中、小三种规格，可根据需要选定，使用时横放，左边侧面为丁字尺的导边，必须平直光滑。平时要注意防潮、防晒、防撞以免图板变形和损坏工作面。

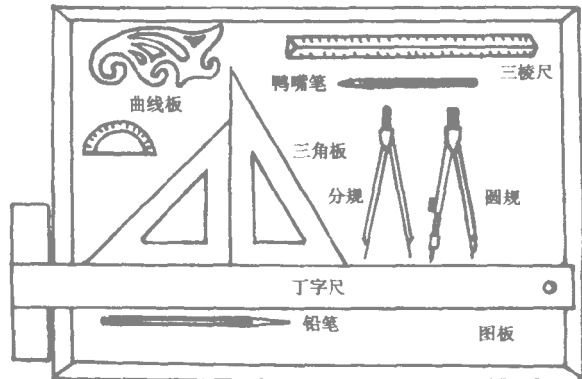


图 1-20 制图常用工具和仪器

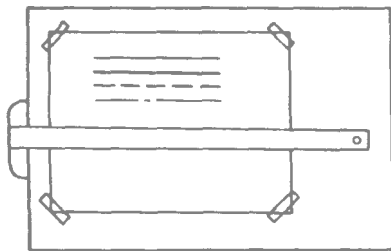


图 1-21 丁字尺的用法

丁字尺由尺头、尺身组成。丁字尺主要用来画水平线，并作为三角板的水平基准，配合三角板画垂直线及各种特殊角度的倾斜线。使用时左手把住尺头，尺头应紧靠图板导边。丁字尺上下滑动时，应如图 1-21、图 1-22 所示。

二、三角板

绘图用的三角板不宜太小 它主要是和丁字尺配合使用，用来画垂直线及 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 的倾斜线，如图 1-22 所示。图中水平线都用丁字尺和图板配合画，使所有水平线都平行；所有垂直线一律用三角板和丁字尺配合画，使垂直线之间互相平行，同时使垂直线和水平线互相垂直。

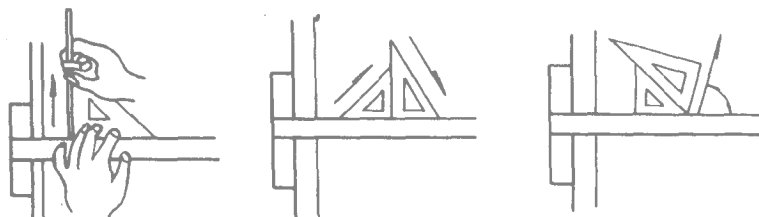


图 1-22 三角板的用法

三、圆规

圆规主要用来画圆和圆弧。其具体用法如图 1-23 所示。成套的圆规有三只插脚和一支延伸杆 (如图 1-23a)。圆规带针尖的插脚有二个尖端, 一个画圆时用, 另一个作分规时用, 如图 1-23b)。画圆时针尖要插入图板, 两脚和图板垂直, 如图 1-23c)、d)。画大圆时, 要装上延伸杆画图 (如图 1-23e)。

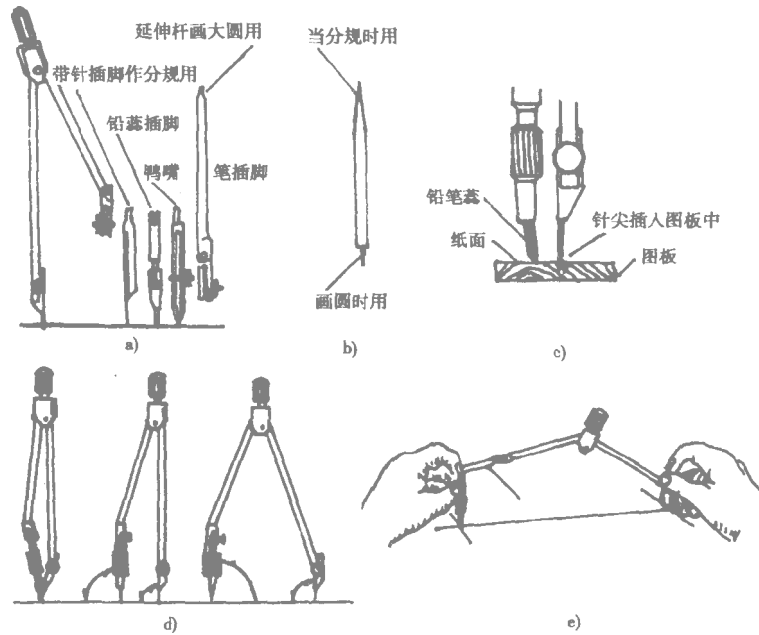


图 1-23 圆规的用法

四、铅笔

绘图的基本工具之一是制成各种硬度的石墨铅笔。绘图铅笔用数字及字母分等级, 从很软很黑的 6B 经 5B、4B、3B、2B 和 B 到中间级 HB 然后是 H、2H、3H、4H、5H、6H、7H、8H 和 9H, 其中 9H 是最硬的。软的 B 级铅笔主要用于加深, 而硬的 H 级铅笔则用于画底图, HB 用于写字。

削铅笔时, 宜将铅笔无字一端的木皮削去, 一般削去木皮约 38mm 铅芯露出约 10mm。再将露出之铅芯在砂纸上磨成圆锥形, 如图 1-24 所示。

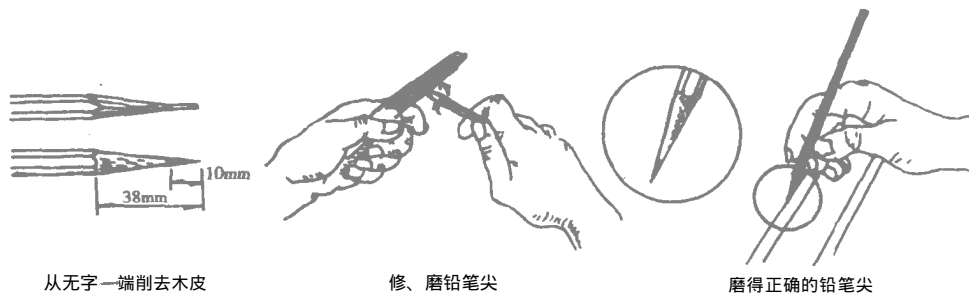


图 1-24 削磨圆锥形铅笔图

五、分规

分规主要用以等分曲线、直线或转量尺寸，如图 1-25 所示。

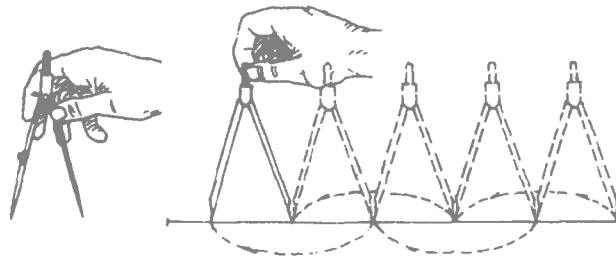


图 1-25 分规的用法

六、比例尺

刻有不同比例的直尺称为比例尺。绘图时可直接利用比例尺，将形体的实际长度按选用的比例（缩小或放大）得到所画线段的长度。

三棱比例尺如图 1-26a)所示。三棱比例尺一般有 1:100、1:200、1:250、1:300、1:400、1:500 的比例。比例尺的读取如图 1-26b)所示。用比例尺度量尺寸时，应从比例尺左端刻度的零点开始，沿被测方向，在比例尺对准正确位置处，用铅笔作一记号，如精度要求高可用刺针作一印痕而不是扎小孔。

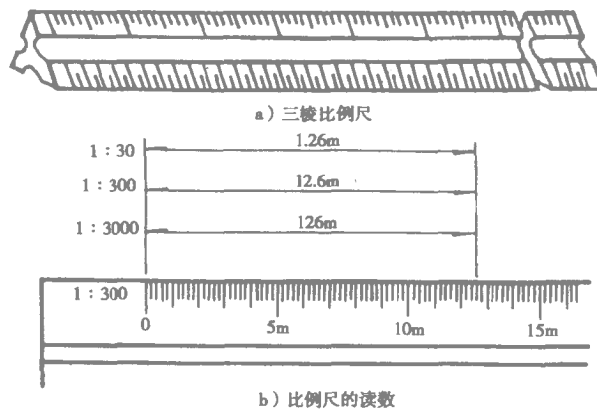


图 1-26 比例尺及其用法

七、曲线板的用法

曲线板是用来画非圆曲线的，其用法如图 1-27 所示。先求得曲线上一系列的点，再用铅

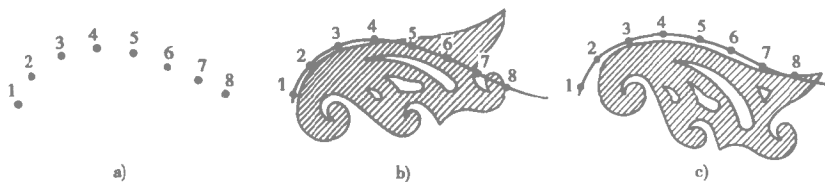


图 1-27 曲线板的用法

笔轻轻地把各点光滑连接，再选择曲线板上的曲率相适合的部分逐段画出。

八、鸭嘴笔与绘图墨水笔（针管笔）的用法

鸭嘴笔用来给直线、曲线上墨。其具体用法和应注意的事项如图 1-28 所示。鸭嘴笔的笔尖应成椭圆形。根据图线线型粗细，通过调节螺丝调节好鸭嘴笔两叶片之间的距离，如图 1-28a) 再用插入墨水瓶盖内的细管灌注墨水。灌注时 要注意不要染及叶片外侧。装墨高度约 5 ~ 8mm，为避免尺移动时拖渗墨汁最好用斜角尺反面来画线，如图 1-28b)。画图时鸭嘴笔应垂直于纸面 而笔杆应稍向画线方向倾斜 如图 1-28c)。

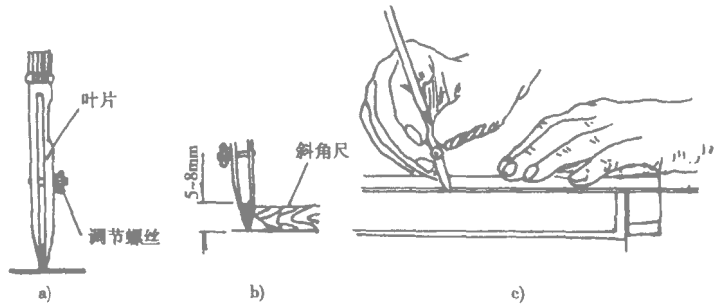


图 1-28 鸭嘴笔的用法

绘图墨水笔是带储水装置的上墨工具，可代替鸭嘴笔进行描图。有各种规格可供画不同线型时选用。墨水笔应配用专用的碳素绘图墨水。不用时，注意清洗干净。

§ 1-3 几何作图

工程结构物的形状是多种多样的，但图样大都由直线、圆弧及曲线构成几何图形。为了正确地画出图样，并能提高绘图质量和速度，除了善于运用绘图工具和仪器之外，还必须能根据已知条件，运用几何原理熟练地掌握各种几何图形的作图方法。

下面介绍几种常用的作图方法：

一、等分线段和间距

(1) 分已知线段为任意等分

例如 已知线段 AB 分 AB 为 4 等分见图 1-29。

1. 过 A 点作任意直线 AC 在 AC 上任意截取 4 等分 并连接 BC ;
2. 过各等分点作 BC 的平行线交 AB 得 3 个点 即分 AB 为 4 等分。

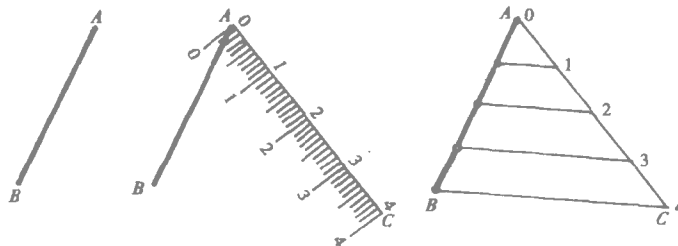


图 1-29 等分线段

(2)分两平行线间的距离为任意等分

已知两平行线 AB 和 CD 分其间距为 5 等分见图 1-30。

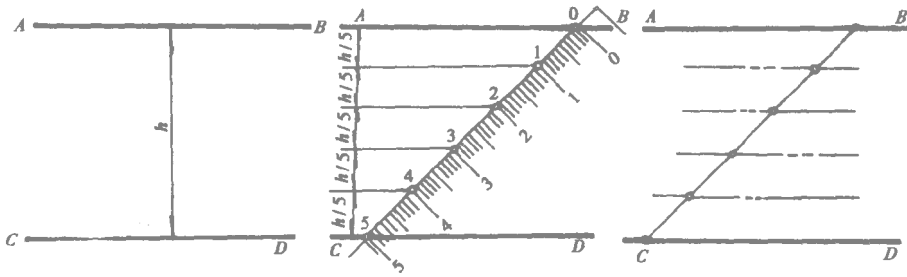


图 1-30 等分平行线间距

1. 将直尺上刻度为 0 的点固定在 AB 上 并以 0 为圆心摆动直尺, 使刻度的第 5 点落在 CD 上 沿 1、2、3、4 各点作标记;
2. 过各分点作 AB (或 CD) 的平行线 即为所求。

二、等分圆弧 (作正多边形)

1. 正六边形 (六等分圆弧)

根据对角线长度作图。由于正六边形的对角线长度就是其外接圆的直径 D 且正六边形的边长就是这个外接圆的半径 因此 以边长在外接圆上截取各顶点 即可画出正六边形 如图 1-31a)所示。正六边形也可以利用丁字尺与 $30^\circ \sim 60^\circ$ 三角板配合作出 如图 1-31b)所示。

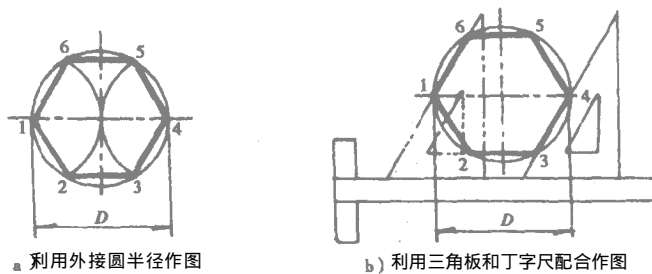


图 1-31 正六边形 六等分圆弧 的作图方法

2. 正五边形 五等分圆弧 见图 1-32。

- (1)已知外接圆 O 平分半径 OA 得平分点 B ;
- (2)以 B 为圆心, OB 为半径作弧交 BO 延线于 C , 弦 $C1$ 即为五边形的边长;
- (3)以 1 为圆心 以 $C1$ 为半径作弧 交圆弧于 $2, 5$ 两点;

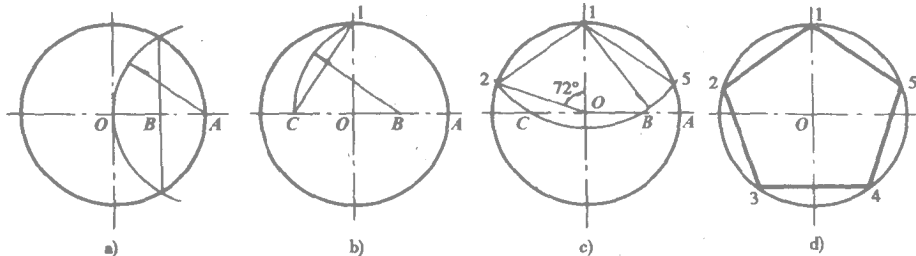


图 1-32 已知外接圆作内接正五边形的方法

(4) 分别以 2、5 为圆心 以 C_1 为半径在圆弧上截取 3、4 两点。顺次连接 1、2、3、4、5、1 各点，即得正五边形。

3. 正 n 边形 n 等分圆弧)

任意正多边形的近似作法 (以七边形为例, 见图 1-33)

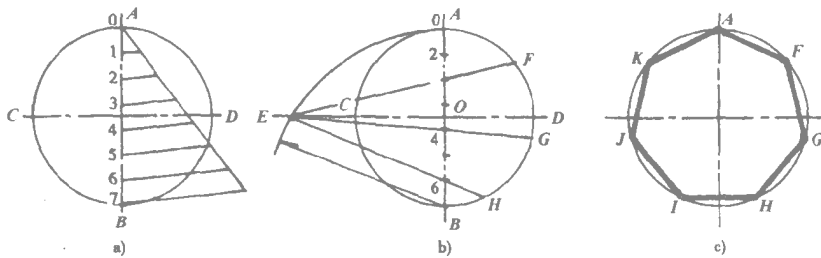


图 1-33 正七边形的近似画法

(1) 已知外接圆 作正七边形 先将直径 AB 分成 7 等分;

(2) 以 B 为圆心, AB 为半径 画圆弧与 DC 延长线交于 E 再自 E 引直线与 AB 上每隔一分点如图 1-33(b) 中 2、4、6 或 1、3、5、7 连接 并延长与圆周交于 F 、 G 、 H 点。

(3) 求出 F 、 G 和 H 的对称点 K 、 J 和 I 并顺次连接 F 、 G 、 H 、 I 、 J 、 K 、 A 、 F 点即得正七边形。

三、圆弧连接

绘图时, 从一条直线或圆弧经圆弧光滑地过渡到另一直线或圆弧的情况称圆弧连接。图 1-34 是用圆弧连接两已知圆弧的图例。

按已知条件可以直接作图的线段称已知线段, 如图 1-34 中 根据中心距 80 和两个外圆的直径 d_{50} 、 d_{60} 即能直接作出连杆两端的外圆, 此即为已知线段。根据与已知线段的连接关系才能作出的线段称连接线段 如图 1-34 中 r_{90} 及 r_{40} 这两段圆弧 虽然中心位置和起迄范围在图中未明确表明, 但能根据连接关系用几何作图的方法求得, 这两段圆弧即为连接线段。

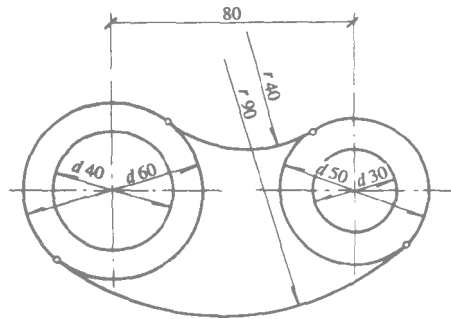


图 1-34 圆弧连接图例

为了正确的画出连接圆弧, 必须确定:(1)连接圆弧的圆心;(2)连接圆弧与已知线的切点。

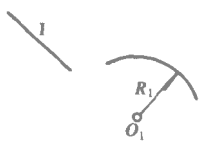
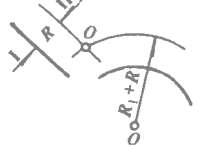
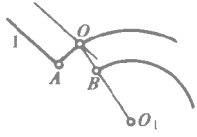
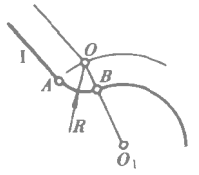

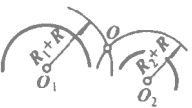



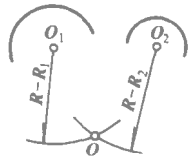
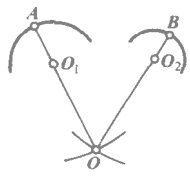
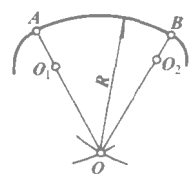
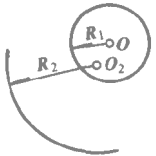
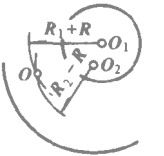
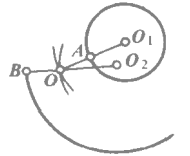
各种连接的作图步骤如表 1-8 所示。

各种连接的作图步骤

表 1-8

名称	已知条件和作图要求	作图步骤		
两直线间的弧连接	已知连接圆弧的半径为 R , 将此圆弧相切于相交两直线 I、II	①在直线 I 和 II 上任取 a 及 b 点, 分别作 aa' 垂直于直线 I; bb' 垂直于直线 II, 并使 $aa' = bb' = R$	②过 a' 、 b' 分别作直线 I、II 的平行线, 交于 O 点, 自 O 作 OA 垂直于直线 I, 作 OB 垂直于直线 II, A 、 B 即为切点	③以 O 为圆心, R 为半径作圆弧, 连接两直线于 A 、 B 即完成作图

续上表

名称	已知条件和作图要求	作图步骤		
直线和圆弧间的圆弧连接	<p>已知连接圆弧的半径为 R, 将此圆弧外切直线 I 和中心为 O_1 的圆弧 R_1</p> 	<p>①作直线 I 的平行线 II (其距离为 R), 再作已知圆弧的同心圆与直线 II 相交于 O (半径为 $R_1 + R$)</p> 	<p>②作 OA 垂直于直线 I, 连 OO_1 交已知圆弧于 B, A, B 即为切点</p> 	<p>③以 O 为圆心, R 为半径作圆弧, 连接直线 I 和圆弧 O_1 于 A, B 即完成作图</p> 
外连接	<p>已知连接圆弧的半径为 R, 将此圆弧同时外切于中心为 O_1, O_2 半径为 R_1, R_2 的圆弧</p> 	<p>①分别以 $(R_1 + R)$ 及 $(R_2 + R)$ 为半径, O_1, O_2 为圆心, 作同心圆弧相交于 O</p> 	<p>②分别连接 OO_1, OO_2 与已知圆弧相交即得切点 A, B</p> 	<p>③以 O 为圆心, R 为半径作圆弧, 连接两已知圆弧于 A, B 即完成作图</p> 
内连接	<p>已知连接圆弧的半径为 R, 将此圆弧同时外切于中心为 O_1, O_2 半径为 R_1, R_2 的圆弧</p> 	<p>①分别以 $(R - R_1)$ 及 $(R - R_2)$ 为半径, O_1, O_2 为圆心, 作同心圆弧相交于 O</p> 	<p>②分别连接 OO_1, OO_2 与已知圆弧相交即得切点 A, B</p> 	<p>③以 O 为圆心, R 为半径作圆弧, 连接两已知圆弧于 A, B 即完成作图</p> 
混合连接	<p>已知连接圆弧的半径为 R, 将此圆弧外切于中心为 O_1、半径 R_1 的圆弧, 同时又内切于中心为 O_2、半径为 R_2 的圆弧</p> 	<p>①分别以 $(R_1 + R)$ 及 $(R_2 - R)$ 为半径, O_1, O_2 为圆心, 作同心圆弧相交于 O</p> 	<p>②分别连接 OO_1, OO_2 与相应的已知圆弧相交即得切点 A, B</p> 	<p>③以 O 为圆心, R 为半径作圆弧, 连接两已知圆弧于 A, B 即完成作图</p> 