

绪 论

一、本课程的研究对象

在工程界，根据投影原理、标准或有关规定，表达出机器或建筑物的形状、大小、材料等，并有必要的技术说明的图，称为工程图样。工程图样是表达设计意图、交流技术思想和指导生产的重要工具，是工程技术部门的重要技术文件。在工程设计、施工、检验、技术交流等各方面都离不开工程图样。因此，工程图样常被称为“工程界的共同语言”。每个工程技术人员都必须能够绘制和阅读工程图样。

本课程是一门研究设计、绘制和阅读工程图样的原理与方法的技术基础课，是工科院校学生的一门十分重要的、必修的技术基础课。

二、本课程的主要任务

- (1) 学习正投影法的基本原理及应用。
- (2) 学习制图的基本知识和方法，培养尺规绘图、计算机绘图、徒手绘图等综合绘图能力和读图能力。
- (3) 培养学生三维空间思维能力和空间想象能力。
- (4) 学习制图有关国家标准，培养贯彻执行国家标准的意识。
- (5) 培养学生一丝不苟的工作作风和严谨的工作态度。

三、本课程的学习方法

本课程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的学风。既要注重学好基本理论知识，又要练好基本功。具体做法如下：

- (1) 学好投影理论。

本课程的基本理论是正投影原理和投影制图，且各章之间有着密切的内在联系，只有不断地通过由物到图，再由图到物的反复实践，才能逐步提高空间想象力和空间分析能力。

- (2) 练好绘图基本功。

- 1) 需备有一套制图工具、仪器和用品，并掌握正确的使用方法。

- 2) 掌握正确的作图方法和步骤。

- 3) 了解并遵守《机械制图》国家标准的有关规定。

- (3) 认真独立地完成每次作业和练习，力求做到投影正确、图线分明、尺寸齐全、字体工整、图面整洁美观。由于工程图样在生产实际中起着很重要的作用，任何绘图和读图的差错都会带来损失，所以在做习题和作业时，应培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

- (4) 加强徒手草图的练习，提高绘图的实践能力。

- (5) 在学习过程中，有意识地培养自学能力，提高自己的创新意识。

第一章 制图的基本知识和技能

第一节 机械制图国家标准介绍

机械图样是设计、制造、安装、检测、维修整个过程中的重要技术资料，是交流技术思想的语言，对图样画法、尺寸注法等都必须做出统一的规定。国家标准《机械制图》是我国颁布的一项重要技术标准，统一规定了有关机械方面的生产和设计部门共同遵守的绘图规则。同时，根据科学技术日益进步和国民经济不断发展的需要，我国制定了对各类技术图样和有关技术文件共同适用的统一国家标准《技术制图》。

一、图纸幅面格式和标题栏

1. 图纸幅面（GB/T 14689—2008）

图幅为图纸的宽度与长度组成的图面。绘制图样时，应优先采用表 1-1 中规定的基本幅面。图框线用粗实线绘制，图纸既可横放，也可竖放。需要装订边的图样，其图框格式如图 1-1 所示；不需要装订边的图样，如图 1-2 所示。同一产品的图样只能采用一种格式，必要时允许加长幅面，加长幅面及其图框尺寸在 GB/T 14689—2008 中另有规定。

表 1-1

图纸幅面及图框尺寸

mm

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B\times L$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
a	25				
c	10			5	
e	20		10		

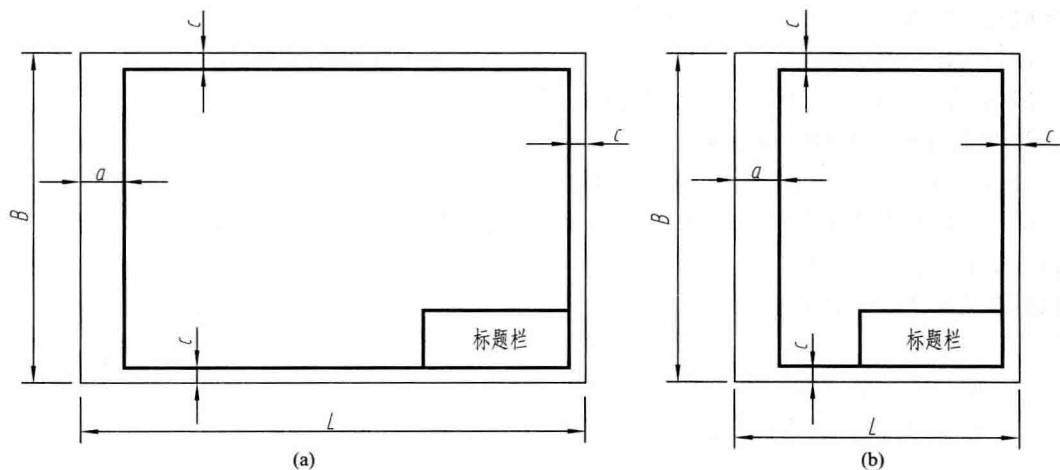


图 1-1 需要装订边的图框格式

为了使图样复制和缩微摄影时定位方便,应在图纸的中点处画出对中符号。对中符号用粗实线画,线宽不小于 0.5mm,从图纸边界开始伸入图框内约 5mm,当对中符号处在标题栏范围内时,则伸入标题栏部分省略不画,如图 1-2 (a) 所示。

若使用预先印制的图纸,可在图纸下边对中符号处加画一个方向符号,以明确绘图和看图方向。方向符号是用细实线绘制的等边三角形,如图 1-2 (c)、(d) 所示。

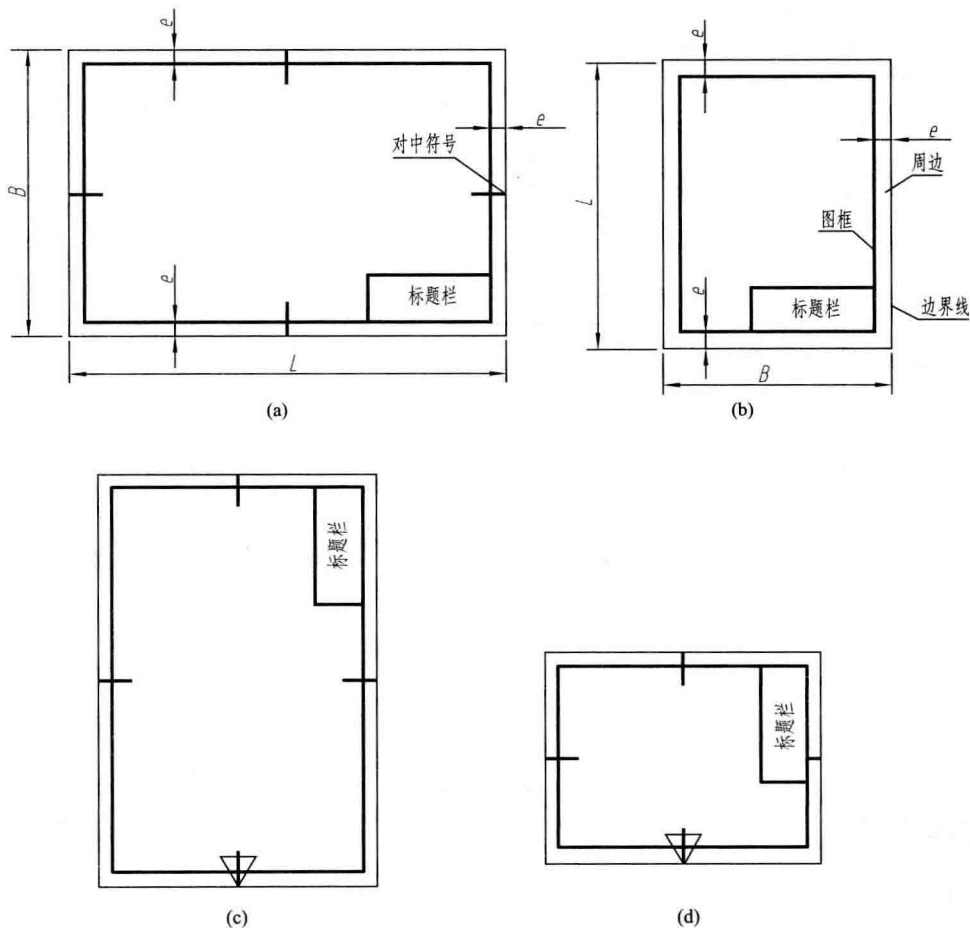


图 1-2 不需要装订边的图框格式

2. 标题栏 (GB/T 10609.1—2008)

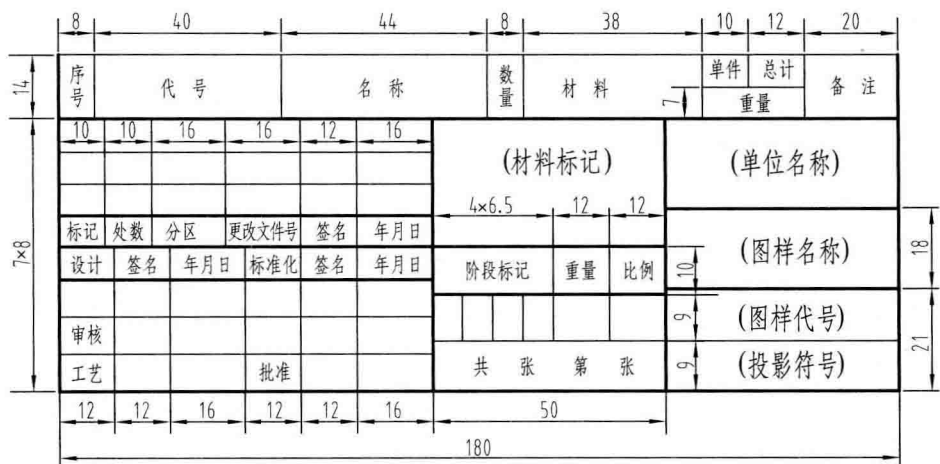
标题栏位于图纸的右下角,右边、底边与图框线重合,国家标准对其格式、内容、尺寸等也做了规定。标题栏文字方向必须和识图方向一致,如图 1-3 (a) 所示。制图作业建议使用图 1-3 (b) 所示的简化格式。

二、比例 (GB/T 14690—1993)

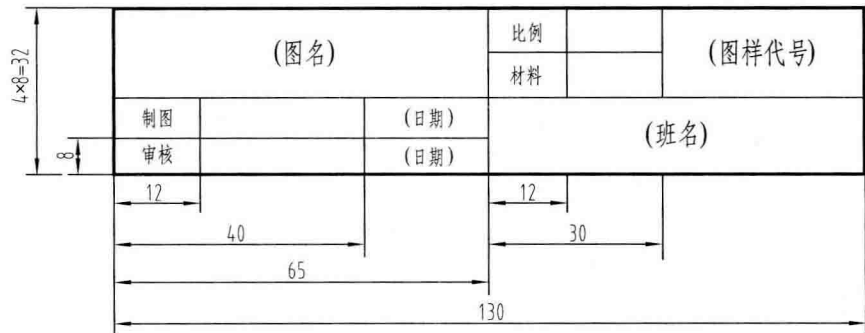
比例是指图样中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。

不论绘图的比例是多少,标注尺寸均为标注机件的实际尺寸。

绘制图样时,一般应从表 1-2 规定的系列中选取不带括号的适当比例,必要时也允许选取表 1-2 中带括号的比例。



(a)



(b)

图 1-3 标题栏
(a) 标题栏格式；(b) 简化标题栏

表 1-2 绘 图 的 比 例

原值比例	1 : 1
缩小比例	(1 : 1.5) 1 : 2 (1 : 2.5) (1 : 3) (1 : 4) 1 : 5 (1 : 6) 1 : 1×10 ⁿ (1 : 1.5×10 ⁿ) 1 : 2×10 ⁿ (1 : 2.5×10 ⁿ) (1 : 3×10 ⁿ) (1 : 4×10 ⁿ) 1 : 5×10 ⁿ (1 : 6×10 ⁿ)
放大比例	2 : 1 (2.5 : 1) (4 : 1) 5 : 1 1×10 ⁿ : 1 2×10 ⁿ : 1 (2.5×10 ⁿ : 1) (4×10 ⁿ : 1) 5×10 ⁿ : 1

注 n 为正整数。

比例一般应标注在标题栏的比例栏内，必要时也可标注在视图名称的下方或右侧。

三、字体 (GB/T 14691—1993)

在图样上除了表示机件形状的图形外，还要用文字、符号、数字来说明机件的大小、技术要求和其他内容。字体就是指图形中文字、字母、数字的书写形式。

在图样中书写的字体必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。如果在图样上的文字和数字书写潦草，不仅会影响图样的清晰和美观，而且还会造成差错，给生产带来麻烦和损失。字体的号数即字体高度 h 的公称尺寸系列为 1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20mm。

汉字应写为长仿宋体，并采用国家正式公布推行的简化字。汉字的高度不应小于

3.5mm, 其宽度一般为 $h/\sqrt{2}$ (约 $0.7h$)。长仿宋体汉字示例见图 1-4。

字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐
横平竖直 注意起落 结构均匀 填满方格
技术制图机械电子汽车航空船舶
土木建筑矿山井坑港口纺织服装
螺纹齿轮端子接线飞行指导驾驶舱位
挖填施工引水通风闸阀坝棉麻化纤

图 1-4 长仿宋体汉字示例

数字、字母分 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度为字高的 $1/14$, B 型字体的笔画宽度为字高的 $1/10$ 。数字和字母可写成斜体或直体, 常用斜体。斜体字字头向右倾料, 与水平基准线呈 75° 。为了保证字体大小一致和整齐, 书写时可先画上格子或横线, 然后写字。

数字、字母的 B 型斜体字的笔序、书写形式和综合应用示例见图 1-5。字体的综合应用有下述规定: 用作指数、分数、极限偏差、注脚等的数字及字母, 一般应采用小一号的字体; 图样中的数学符号、物理量符号、计量单位符号, 以及其他符号、代号, 应分别符合国家有关法令和标准的规定。

阿拉伯数字

0123456789

大写拉丁字母

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

小写拉丁字母

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

罗马数字

I II III IV V VI VII VIII IX X

图 1-5 数字和字母示例

四、图线 (GB/T 17450—1998, GB/T 4457.4—2002)

图线就是图中所采用的各种形式的线。GB/T 17450—1998《技术制图 图线》规定了适用于各种技术图样的图线名称、形式、结构、标记及画法规则; GB/T 4457.4—2002《机

械制图 图样画法 图线》规定了机械制图中所用图线的一般规则,适用于机械工程图样。

按 GB/T 4457.4—2002 规定,在机械图样中采用粗细两种线宽,它们之间的比例为 2:1,设粗线的线宽为 d , d 应在 0.18、0.25、0.35、0.5、0.7、0.9、1、1.4、2mm 中根据图样的类型、尺寸、比例和缩微复制的要求确定,优先采用 $d=0.5$ 或 0.7。

机械工程图样中的图线的名称、代码、线型、一般应用及应用示例,可查阅 GB/T 4457.4—2002。表 1-3 摘录了各种图线的名称、线型、线宽和主要用途。图 1-6 所示为常用图线的用途示例。

表 1-3

各种图线的名称、主要用途

图线名称	线 型	线宽	用 途
粗实线		d	可见轮廓线、棱边线、相贯线等
细实线		$0.5d$	尺寸线、尺寸界线、剖面线、指引线、重合断面的轮廓线、过渡线等
细虚线	 线段长约4mm、间隔约1mm	$0.5d$	不可见轮廓线、棱边线、相贯线等
波浪线		$0.5d$	断裂处的边界线、视图和剖视图的分界线,一张图样上采用一种线型
双折线		$0.5d$	
细点画线	 线段长约15mm、间隔约3mm	$0.5d$	对称线、轴线、圆中心线
细双点画线	 线段长约15mm、间隔约3mm	$0.5d$	假想轮廓线、轨迹线、中断线等
粗点画线	 线段长约15mm、间隔约3mm	d	限定范围表示线
粗虚线	 线段长约4mm、间隔为1mm	d	允许表面处理的表示线

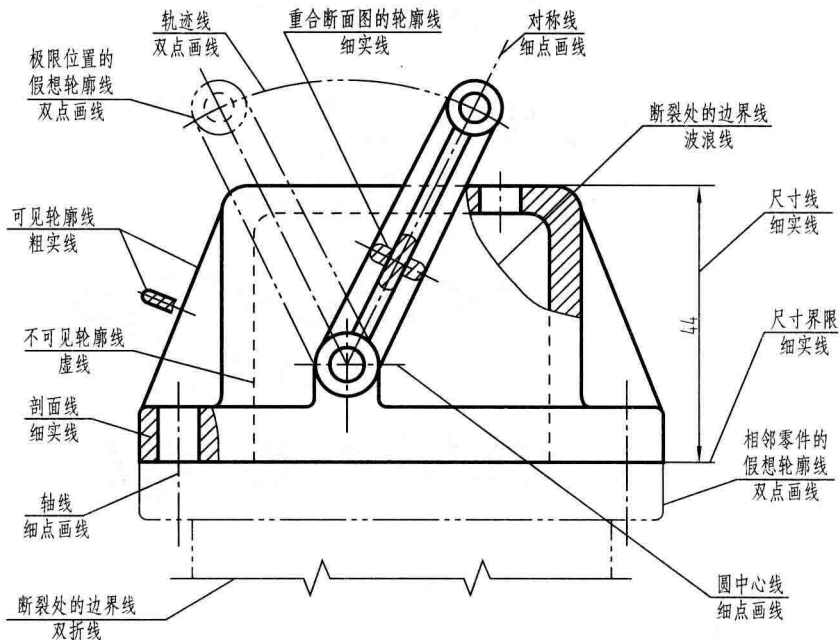


图 1-6 常用图线的用途示例

图 1-7 说明了绘图时图线画法的几个注意事项。

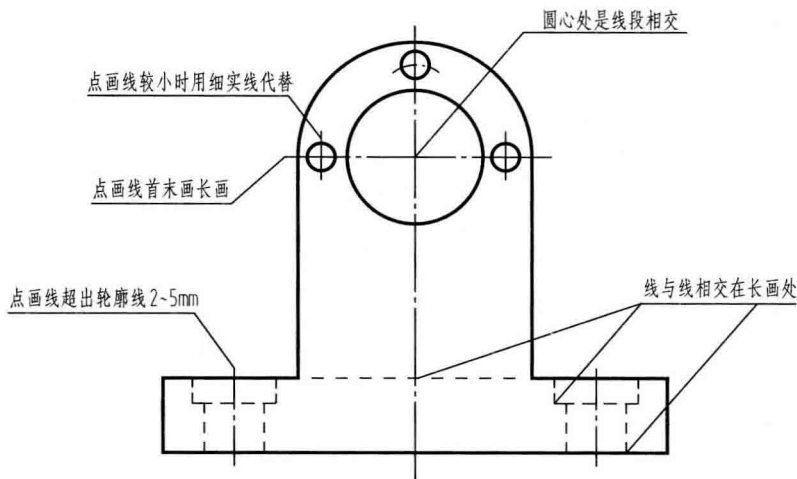


图 1-7 图线绘制注意事项

(1) 在同一图样中，同类图线的宽度应基本一致。虚线、点画线及双点画线的短画、长画的长度和间隔应各自大小相等。

(2) 绘制圆的对称中心线（简称中心线）时，圆心应为长画的交点。点画线、虚线与其他图线相交时或自身相交时，都应在长画处相交，不应在间隔或短画处相交。

(3) 点画线和双点画线的首末两端应是长画而不是短画。点画线（轴线、对称线、中心线）、双折线和作为中断线的双点画线，应超出轮廓线 2 ~ 5 mm。

(4) 在较小的图形上绘制点画线、双点画线有困难时，可用细实线代替。

(5) 当虚线处于粗实线的延长线上时，粗实线应画到分界点，而虚线与粗实线间应留有间隔。

(6) 两条平行线之间的距离不应小于粗线宽的两倍。

(7) 图中的图线复合时，优先顺序为粗实线、虚线、点画线。

五、尺寸注法 (GB/T 4458. 4—2003, GB/T 16675. 2—1996)

图形只能表达机件的形状，而机件的大小则由标注的尺寸确定。标注尺寸是一项极为重要的工作，必须认真细致、一丝不苟。如果标注的尺寸有任何遗漏或错误，都会给生产带来困难和损失。

下面介绍国家标准规定中的部分内容，有些内容将在后面的相关章节中讲述，未详尽处可查阅 GB/T 4458. 4—2003 和 GB/T 16675. 2—1996。

1. 基本规则

(1) 图样上所注的尺寸为机件的实际尺寸，与图形的大小及绘图的准确度无关。

(2) 图样中（包括技术要求和其他说明）的尺寸，以 mm 为单位时，不需标注计量单位的代号或名称，如采用其他单位，则必须注明相应计量单位的代号或名称。

(3) 图样中所标注的尺寸，为该图样所示机件的最后完工尺寸，否则应另加说明。

(4) 机件的每一尺寸，一般只标注一次，并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

2. 尺寸组成

如图 1-8 所示, 一个完整的尺寸一般应包括尺寸数字、尺寸线、尺寸界线和表示尺寸线终端的箭头或斜线。

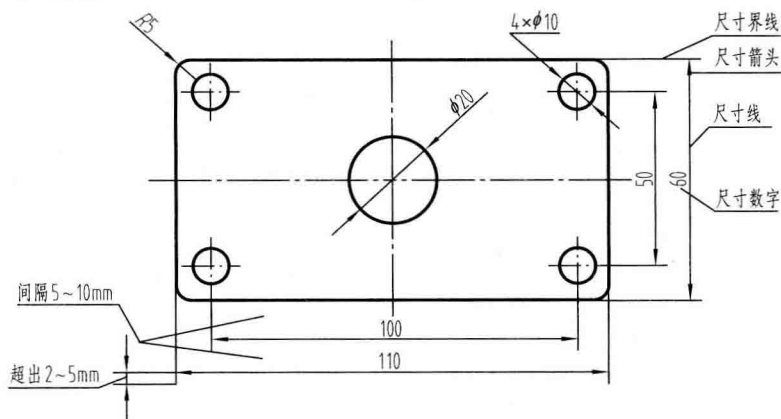


图 1-8 尺寸的组成及标注示例

(1) 尺寸线。尺寸线用细实线绘制, 不能用其他图线代替, 一般也不得与其他图线重合或画在其延长线上。标注线性尺寸时, 尺寸线必须与所标注的线段平行; 当有几条互相平行的尺寸线时, 它们之间的间隔应均匀, 一般为 5~10mm, 大尺寸要注在小尺寸外面, 以免尺寸线与尺寸界线相交。在圆或圆弧上标注直径或半径尺寸时, 尺寸线一般应通过圆心或尺寸线延长线通过圆心。

(2) 尺寸界线。尺寸界线用细实线绘制, 并应由图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出。也可利用轮廓线、轴线或对称中心线作尺寸界线。尺寸界线一般应与尺寸线垂直, 并超出尺寸线 2~5mm。

(3) 尺寸线的终端。尺寸线的终端有两种形式, 如图 1-9 所示。箭头适用于各种类型的图样, 图中的 d 为粗实线的宽度, 当尺寸较小时用斜线或圆点代替箭头。斜线用细实线绘制, 图中的 h 为字体高度。圆的直径、圆弧半径及角度的尺寸线的终端应画成箭头。在采用斜线形式时, 尺寸线与尺寸界线必须相互垂直。

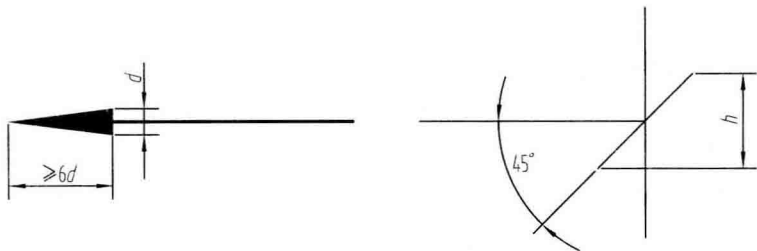


图 1-9 尺寸终端的两种形式

(4) 尺寸数字。线性尺寸的数字一般应注写在尺寸线的上方或左方, 也允许注写在尺寸线的中断处, 不能被任何图线通过, 否则图线必须断开。国家标准还规定了一些注写在尺寸数字周围的标注尺寸的符号见表 1-4。例如在标注直径时, 应在尺寸数字前加注符合“ ϕ ”, 标注半径时, 应在尺寸数字前加注符号“ R ”, 在标注球面的直径或半径时, 应在符号“ ϕ ”或“ R ”前再加注符号“ S ”等。

表 1-4

尺寸标注常用符号及缩写词

含义	直径	半径	球直径 (半径)	厚度	45° 倒角	均布	正方形	深度	沉孔 或锪平	埋头孔	弧长
符号或 缩写	ϕ	R	$S\phi(R)$	t	C	EQS	$\square$	$\downarrow$	$\sqcup$	$\sphericalangle$	$\frown$

3. 尺寸注法示例

(1) 线性尺寸的注法。线性尺寸的尺寸数字注法按照图 1-10 (a) 所示的方向注写, 注意水平和竖直方向的尺寸数字方向, 并避免在小于 30° 的范围内标注尺寸。若无法避免, 按图 1-10 (b) 所示的形式标注。

(2) 直径和半径的注法。标注完整的圆和大于半圆的圆弧, 尺寸线通过圆心, 尺寸箭头指向圆弧, 尺寸数字前加注符号 “ ϕ ”, 如图 1-11 (a) 所示。标注半圆和小于半圆的圆弧, 尺寸数字前加注符号 “ R ”, 如图 1-11 (b) 所示。

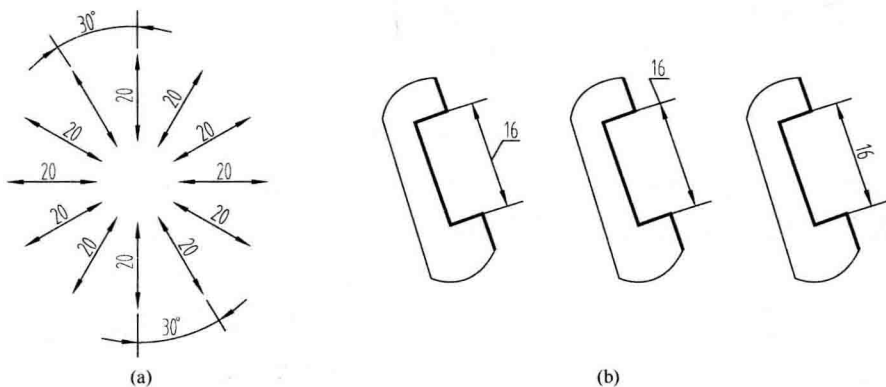


图 1-10 尺寸数字的标注方向

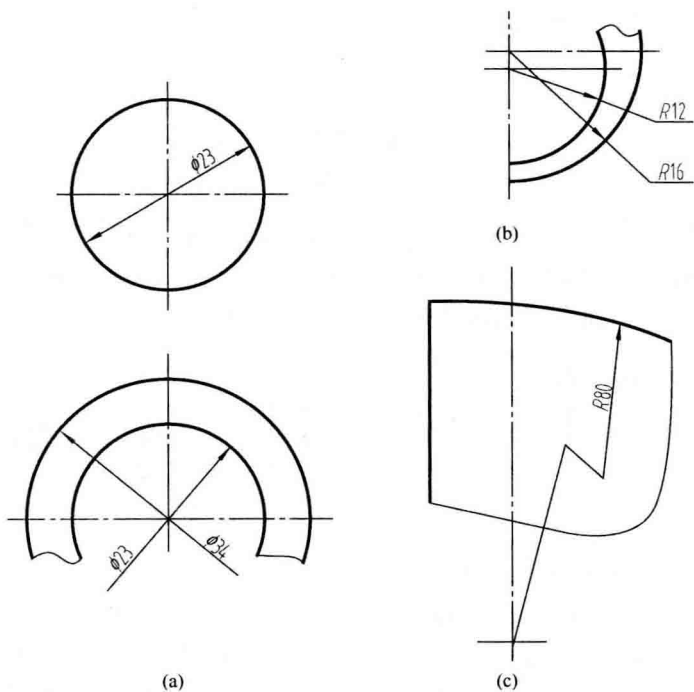


图 1-11 直径和半径的注法

时, 尺寸数字前加注符号“R”, 如图 1-11 (b) 所示。不完整圆弧的尺寸线指向弧的一端画箭头。若大圆弧的半径过大, 可将尺寸线折断, 如图 1-11 (c) 所示。

标注球面的直径和半径时, 在“ ϕ ”和“R”前加注“S”, 如图 1-12 (a) 所示。对于某些轴、手柄的端部等, 可省略“S”, 如图 1-12 (b) 所示。

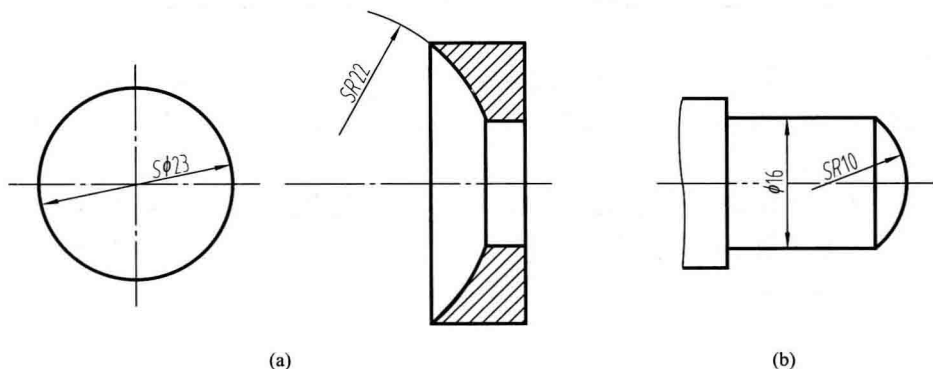


图 1-12 球面的标注

(3) 角度、弦长、弧长的标注。标注角度时, 尺寸线画成圆弧, 尺寸界线由角的顶点引出, 尺寸数字一律水平方向书写, 也可引出标注, 如图 1-13 (a) 所示。

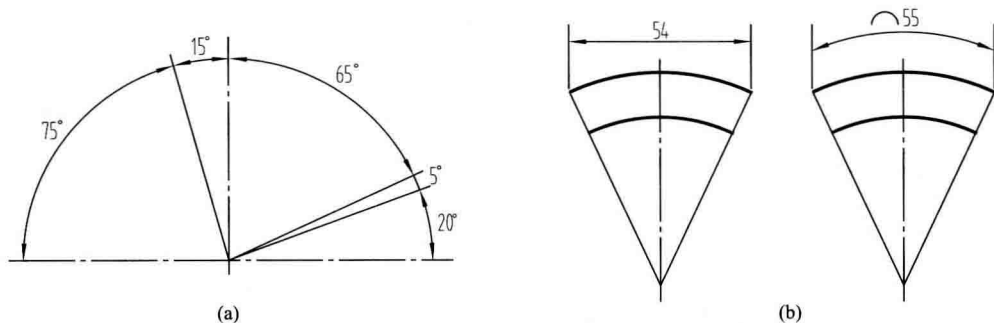


图 1-13 角度、弦长、弧长的标注

(a) 角度的标注; (b) 弦长和弧长的标注

弦长和弧长的标注如图 1-13 (b) 所示, 弧长数字前加注符号“ $\frown$ ”。

(4) 小尺寸的标注。较小的尺寸, 没有足够的位置画箭头、写数字时, 可将箭头或数字写在外面, 也可用圆点或细斜线代替箭头, 如图 1-14 所示。

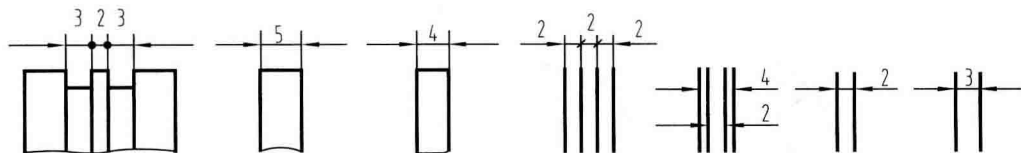


图 1-14 小尺寸箭头和数字的标注

圆和圆弧的小尺寸标注如图 1-15 所示。

(5) 对称机件的标注。对称机件仅画出一半时, 尺寸线的一端无法注全, 尺寸线超过对称线, 只在另一端画出箭头。如图 1-16 所示的尺寸 96、113、 $\phi 23$ 。相同的直径只标注一次, 并在“ ϕ ”前加注“数目 $\times$ ”; 相同的半径也只标注一次, 但是在“R”前不加注“数目

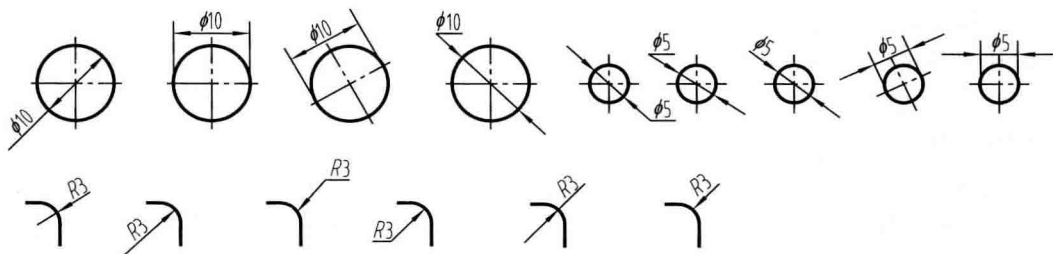


图 1-15 圆和圆弧的小尺寸标注

×”。图中“ t ”是厚度的符号，对称线上的“=”是对称符号。

另外，尺寸界线一般与尺寸线垂直，必要时允许倾斜，如图 1-17 所示。

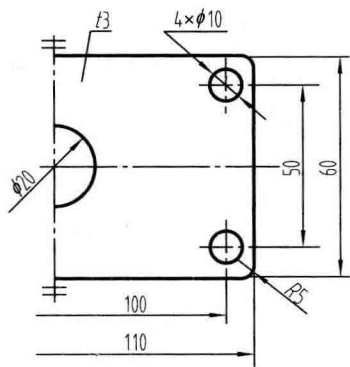


图 1-16 对称机件的标注

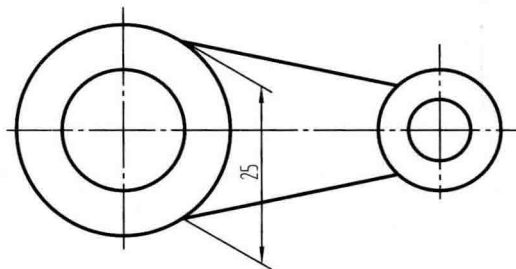


图 1-17 允许倾斜的尺寸界线

图 1-18 用正误对比的方法，列举了初学标注尺寸时的一些常见错误。

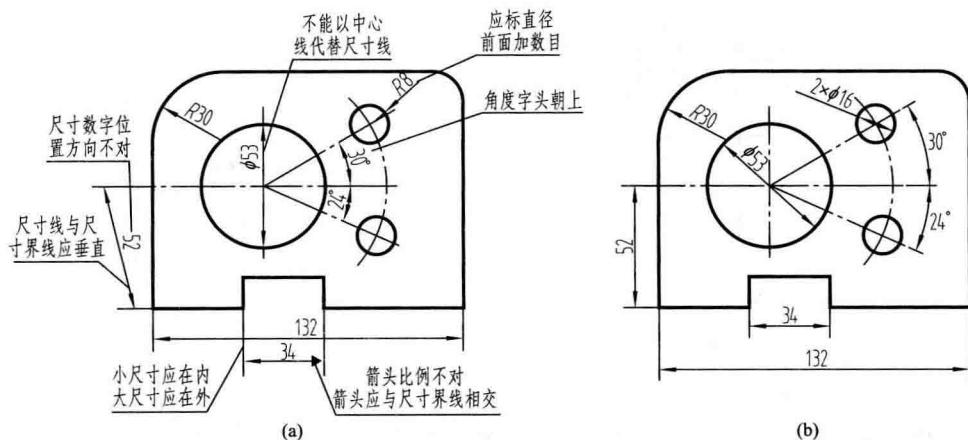


图 1-18 尺寸标注的正误对比示例

(a) 错误；(b) 正确

第二节 绘图工具的使用方法

一、绘图工具的使用

用尺子（包括丁字尺、一字尺、三角板、曲线板等）和圆规（包括分规）的绘图方法，

称为尺规绘图, 尺规绘图所用的主要工具、仪器还有比例尺、直线笔、绘图墨水笔等。其他的工具则有胶带纸、削笔刀、砂纸、软硬橡皮、擦图片、小刷子、量角器、模板等。

1. 图板、丁字尺、三角板

图板的规格有 A0 号 (1200×900)、A1 号 (900×600)、A2 号 (600×400) 等, 适用于不同图幅的图纸。图纸用胶带纸固定在图板上, 图纸与图板底边留有大于丁字尺尺宽的距离。丁字尺由尺头和尺身组成, 与丁字尺配合使用, 以图板的左边为导边丁字尺上下移动可画水平

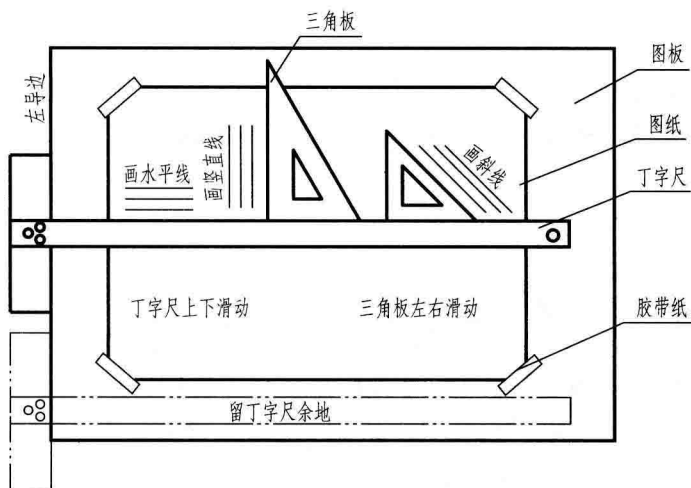


图 1-19 图板、丁字尺、三角板的用法

线。三角板与丁字尺配合使用, 可以画出竖直线和各种特殊角度的倾斜线, 如图 1-19 所示。

2. 圆规、分规

圆规是用来画圆和圆弧的工具。圆规针脚上的针应将带支承面的小针尖向下, 调整针脚使针尖略长于铅芯, 如图 1-20 (a) 所示。当画直径较大的圆时, 圆规的针脚和铅芯都应垂直于纸面, 如图 1-20 (b) 所示。画圆时, 应当匀速前进, 并注意用力均匀。

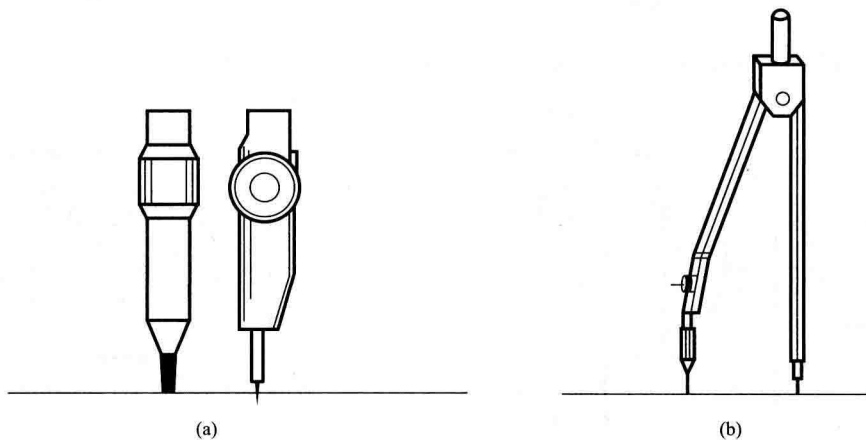


图 1-20 圆规的用法

分规是用来量取和等分线段的工具。使用时两针脚应平齐, 如图 1-21 所示。

3. 铅笔和铅芯

绘制工程图样时要用专用的绘图铅笔或自动铅笔, 一般需要准备的型号有: H (或 2H), 画底稿和细线型; HB, 画尺寸箭头和写字; B (或 2B), 画粗实线。

画粗实线的铅笔和铅芯削磨成矩形断面, 其余的削磨成圆锥形。

4. 其他的绘图工具

三棱比例尺上有各种不同的比例刻度, 在用不同的比例画图时, 只需在比例尺上的相应刻度上直接量取即可, 省去了麻烦的计算。图 1-21 (a) 所示分规下方即为三棱比例尺。

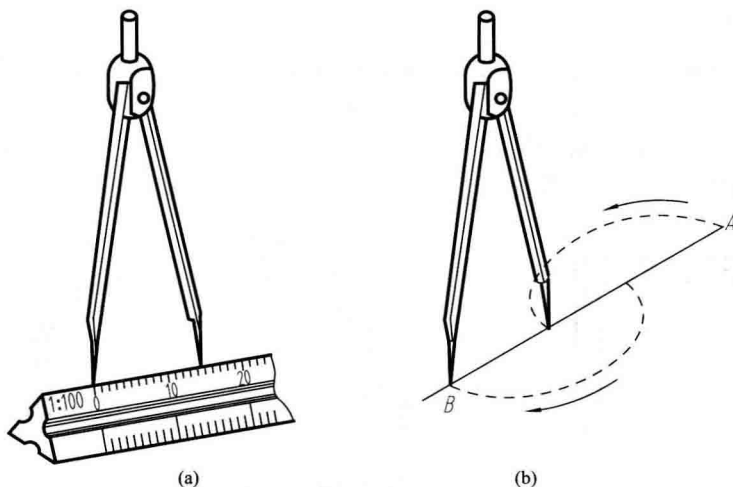


图 1-21 分规的用法

(a) 量取线段; (b) 等分线段

曲线板可以用来绘制非圆曲线。绘图模板上有多种镂空的常用图形、符号或字体,能方便地绘制出针对不同专业的图案。擦图片是用来防止擦去多余线条时把有用的线条也擦去的工具。另外,绘图时还需要准备削铅笔刀、橡皮、固定图纸用的透明胶带、磨铅笔用的砂纸及一些必要的清洁工具。

正确使用绘图工具和仪器,是保证尺规绘图的质量和加快绘图速度的一个重要方面,因此必须养成正确使用和维护绘图工具、仪器的良好习惯。

随着计算机绘图和计算机辅助设计的迅猛发展,人们可以甩掉尺规,通过计算机绘图并由绘图机输出,使工程技术人员从尺规绘图繁重的手工劳动中解放出来。有关计算机绘图的基本知识将在第十章中介绍。

用尺规绘制图样的操作能力,将逐步在后面的习题作业中进行训练。

二、尺规绘图的方法和顺序

为了提高图样质量和绘图速度,除了正确使用绘图工具和仪器外,还必须掌握正确的绘图方法和顺序。

1. 制图前的准备工作

(1) 准备工具。准备好所用的绘图工具和仪器,磨削好铅笔及圆规上的铅芯。

(2) 安排工作地点。使光线从图板的左前方射入,并将需要的工具放在方便之处,以便顺利地进行制图工作。

(3) 固定图纸。一般是按对角线方向顺次固定,使图纸平整。当图纸较小时,应将图纸布置在图板的左下方,但要使图板的底边与图纸下边的距离大于丁字尺的宽度。

2. 画底稿的方法和顺序

画底稿时,宜用削尖的 H 或 2H 铅笔轻淡地画出,并经常磨削铅笔。

画底稿的一般步骤是:先画图框、标题栏,后画图形。

画图形时先画轴线、对称线、中心线,再画主要轮廓,然后画细部。若图形是剖视图或断面图,则最后画剖面符号,剖面符号在底稿中只需画出一部分,其余可待加深时再全部画出。图形完成后,再画其他符号、尺寸线、尺寸界线、尺寸数字横线、仿宋字的格子等。

3. 铅笔加深的方法和顺序

在加深时,应做到线型正确、粗细分明、连接光滑、图面整洁。加深粗实线用 HB 或 B 铅笔;加深虚线、细实线、点画线、画箭头及其他各类细线都用削尖的 H 或 2H 铅笔;写字用 HB 铅笔。绘图时,圆规的铅芯应比绘制直线的铅芯软一级。加深图线时用力要均匀,还应使图线均匀地分布在底稿线的两侧,如图 1-22 所示。

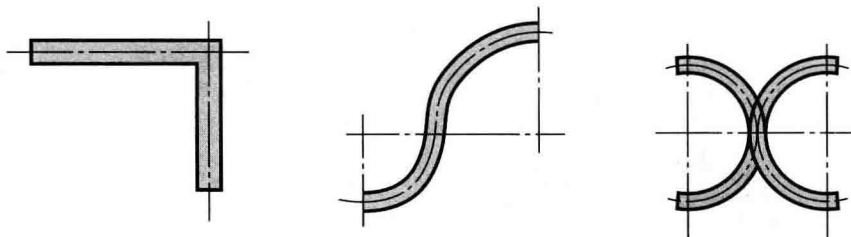


图 1-22 加深的图线均匀地分布在底稿线两侧

在加深前,应认真校对底稿,修正错误和缺点,并擦净多余线条和污垢。

铅笔加深的一般步骤如下:

- (1) 加深所有的点画线。
- (2) 加深所有的粗实线圆和圆弧。
- (3) 从上至下依次加深所有水平的粗实线。
- (4) 从左至右依次加深所有铅垂的粗实线。
- (5) 从图样的左上方开始,依次加深所有倾斜的粗实线。
- (6) 按照加深粗实线的同样步骤依次加深所有虚线圆及圆弧,水平、铅垂和倾斜的虚线。
- (7) 加深所有的细实线。
- (8) 画符号和箭头,注尺寸,书写注解、标题栏等。
- (9) 检查全图,如有错误和缺点,即行改正,并做必要的修饰。

第三节 几何图形画法及圆弧连接

虽然机件的轮廓形状是多种多样的,但它们的图样基本上都是由直线、圆弧和其他一些曲线所组成的几何图形,因而在绘制图样时,常常要运用一些几何作图的方法。

一、正多边形

如图 1-23 所示,作水平半径 ON 的中点 M ,以 M 为圆心、 MA 为半径作弧,交水平中心线于 H 。以 AH 为边长,自点 A 起在圆弧上取等分点 B 、 C 、 D 、 E ,连接各点,即可作出圆内接正五边形。

如图 1-24 所示,以已知圆直径两端点 A 、 B 为圆心,以圆的半径为半径画弧与圆弧交于 1、2、3、4,依次连接,即可得圆内接正六边形。

如图 1-25 所示, n 等分铅垂直径 AN (图中 $n=7$)。以 A 为圆心、 AN 为半径作弧,交水平中心线于点

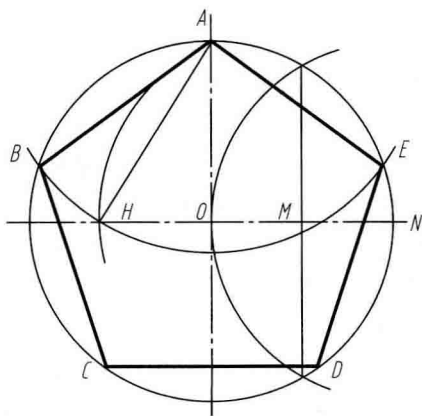


图 1-23 正五边形画法

M 。延长连线 $M2$ 、 $M4$ 、 $M6$ ，与圆周交得点 B 、 C 、 D 。再作出它们的对称点 G 、 F 、 E ，即可连成圆内接正 n 边形（正七边形）。

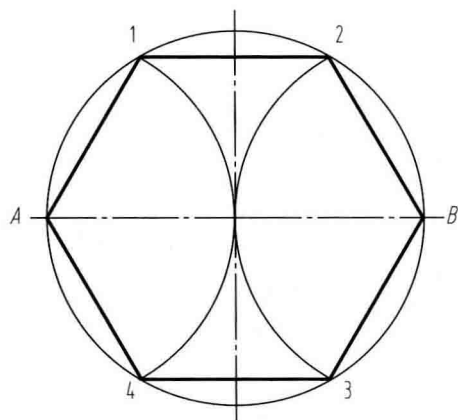
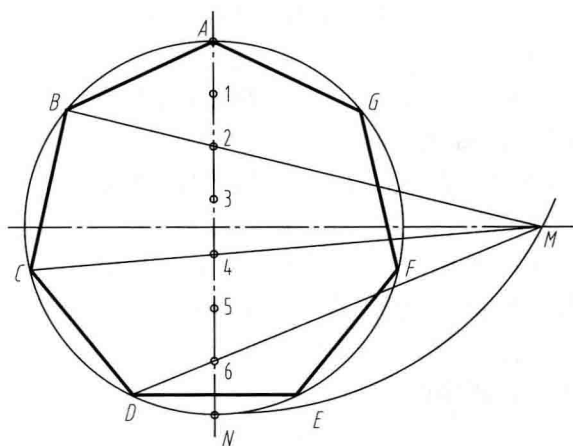


图 1-24 正六边形画法

图 1-25 正 n 边形

二、斜度和锥度

斜度是指一直线对另一直线或一平面对另一平面的倾斜程度，其大小用两者之间夹角的正切值表示。在图样中以 $1:n$ 的形式标注，并在数值前加注符号“ $\angle$ ”，斜线的方向应与倾斜方向一致。图 1-26 所示为斜度 $1:6$ 的作法，由 A 在水平线 AB 上取 6 个单位长度得 D 。由 D 作 AB 的垂线 DE ，取 DE 为一个单位长度。连接 AE ，即得斜度为 $1:6$ 的直线。

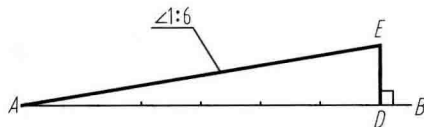
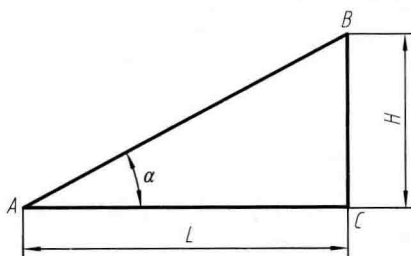


图 1-26 斜度作法示例

锥度是指正圆锥的底圆直径与圆锥高度之比，在图样中常以 $1:n$ 的形式标注。图 1-27 所示为锥度 $1:6$ 的作法，由 S 在水平线上取 6 个单位长度得 O 。由 O 作 SO 的垂线，分别向上和向下量取半个单位长度，得 A 和 B 。过 A 和 B 分别与 S 相连，即得锥度为 $1:6$ 的正圆锥。

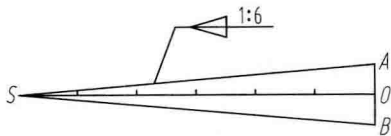


图 1-27 锥度作法示例

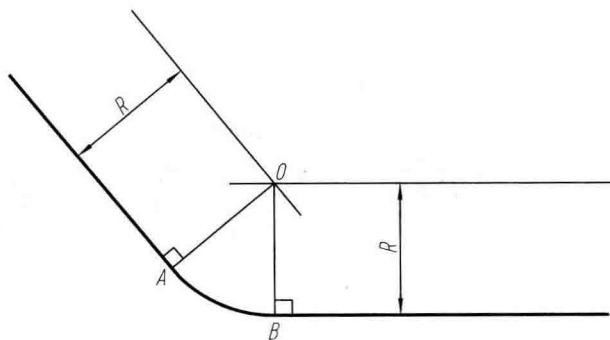


图 1-28 用圆弧连接两已知直线

三、圆弧连接

绘图时,经常需要用圆弧来光滑连接已知直线或圆弧,光滑连接即为相切连接。为了保证相切,必须准确地作出连接圆弧的圆心和切点。

1. 用圆弧连接两已知直线

如图 1-28 所示,连接圆弧的半径为 R ,分别作与已知直线相距为 R 的平行线,交点 O 即为连接圆弧的圆心,由点 O 分别作已知直线的垂线,垂足 A 、 B 即为切点,以 O 为圆心, R 为半径,在切点 A 、 B 之间画弧,即为所求的连接圆弧。

2. 用圆弧连接两已知圆弧

(1) 外切。如图 1-29 所示,用半径为 R 的连接圆弧外切连接两已知圆弧 R_1 和 R_2 。分别以 O_1 和 O_2 为圆心,以 $(R+R_1)$ 和 $(R+R_2)$ 为半径画弧,交点 O 即为连接圆弧的圆心,连接 OO_1 和 OO_2 与已知圆弧的交点 A 、 B 即为切点,以 O 为圆心, R 为半径,在切点 AB 之间画出连接圆弧。

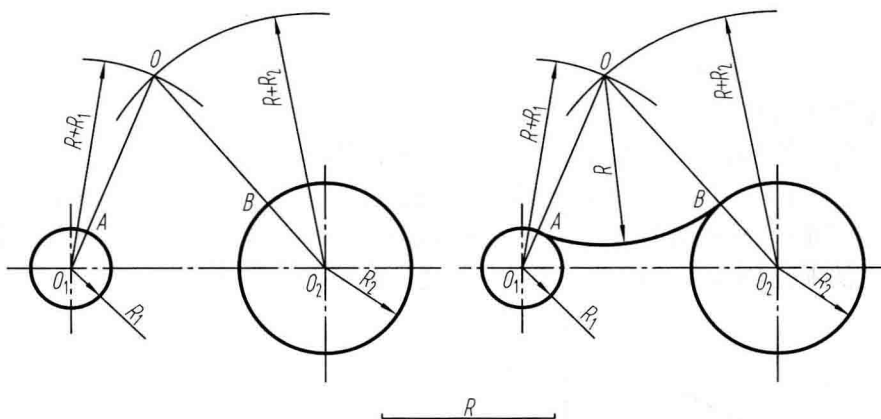


图 1-29 用圆弧外切连接两已知圆弧

(2) 内切。如图 1-30 所示,用半径为 R 的连接圆弧内切连接两已知圆弧 R_1 和 R_2 。分别以 O_1 和 O_2 为圆心,以 $(R-R_1)$ 和 $(R-R_2)$ 为半径画弧,交点 O 即为连接圆弧的圆

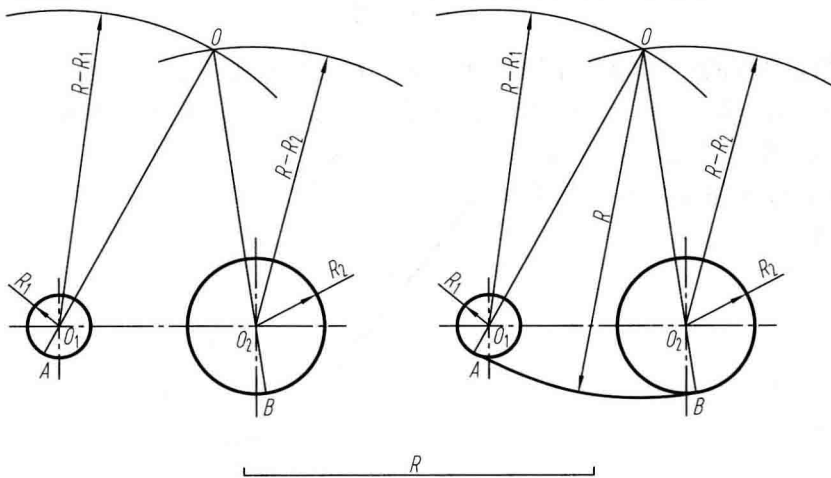


图 1-30 用圆弧内切连接两已知圆弧

心, 连接 OO_1 和 OO_2 并延长与已知圆弧的交点 A 、 B 即为切点, 以 O 为圆心, R 为半径, 在切点 AB 之间画出连接圆弧。

根据作图过程可知连接圆弧圆心求法:

(1) 与直线相切时, 半径为 R 的连接圆弧的圆心轨迹, 是与直线距离为 R 的平行线。

(2) 与圆心为 O_1 、半径为 R_1 的圆弧外切时, 半径为 R 的连接圆弧的圆心轨迹, 是以 O_1 为圆心、 $(R+R_1)$ 为半径的圆弧。

(3) 与圆心为 O_1 、半径为 R_1 的圆弧内切时, 半径为 R 的连接圆弧的圆心轨迹, 是以 O_1 为圆心、 $(R-R_1)$ 为半径的圆弧。

根据具体要求, 作出两条轨迹的交点, 就是连接圆弧的圆心。

根据作图过程还可知切点的求法:

(1) 与直线相切时, 切点就是由连接圆弧的圆心向被连接直线所作垂线的垂足。

(2) 与圆弧外切或内切时, 切点是连接圆弧和被连接圆弧的圆心连线 (或其延长线) 作出了圆心和切点后, 就可画出这段连接圆弧, 与已知的相邻线段光滑连接。

四、椭圆的画法

绘图时, 除了直线和圆弧外, 也会遇到一些非圆曲线。这里只介绍椭圆的常用画法。

图 1-31 所示为机械制图中用得较多的由长、短轴作椭圆的一种近似画法。

已知椭圆的长轴 AB 和短轴 CD , 连接长、短轴的端点 A 、 C , 以 O 为圆心, OA 为半径画圆弧与 OC 的延长线交于 E 点, 再以 C 为圆心, CE 为半径画圆弧与 AC 交于 F 点。作 AF 的垂直平分线与长、短轴分别交于 K 、 G 点, 找出 K 、 G 两个点的对称点 L 、 M , 如图 1-31 (a) 所示。

连接 GL 、 MK 、 ML , 分别以 G 、 M 、 K 、 L 为圆心, 以 GC 、 MD 、 KA 、 LB 为半径画圆弧连成椭圆, 切点均为 N , 如图 1-31 (b) 所示。

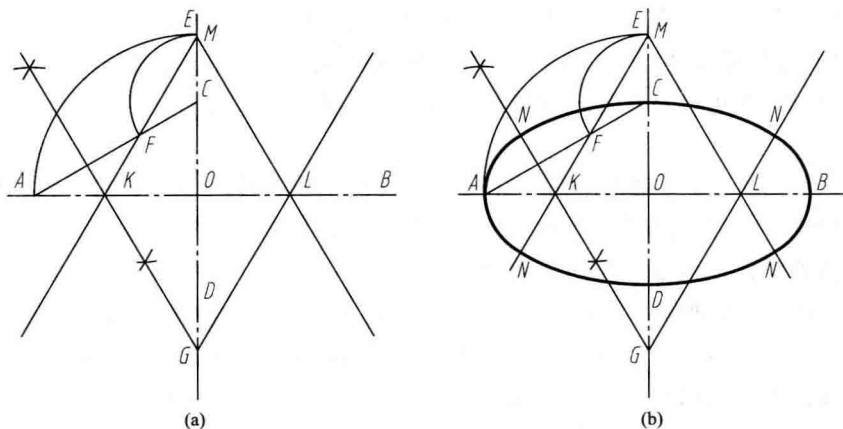


图 1-31 用四心圆法作近似椭圆

第四节 平面图形的尺寸注法和线段分析

一、平面图形的尺寸分析

在标注平面图形的尺寸时, 首先要确定长度方向和高度方向的尺寸基准, 尺寸的起点称