

机械制图的基本知识

学习目标

理解并掌握国家标准关于机械制图的基本规定。

能够按照正确合理的步骤绘制简单的平面图形。

1.1 国家标准关于制图的基本规定

图样作为技术交流的共同语言，必须有统一的规范。国家标准《技术制图》和《机械制图》是工程界重要的技术基础标准，是绘制和阅读机械图样的准则和依据。为了正确绘制和阅读机械图样，必须熟悉有关标准和规定。

我国的国家标准（简称“国标”）代号为“GB”，“G”、“B”分别是“国标”两个字的汉语拼音的首字母。“GB”是国家强制性标准；“GB/T”是国家推荐标准（“T”表示推荐标准）。例如，“GB/T 14689—2008”是2008年发布的标准序号为14689的国家推荐标准。

本节摘录国家制图标准中的图纸幅面、比例、字体、图线等基本规定，其他标准将在有关章节中进一步叙述。

1.1.1 图纸幅面及格式（GB/T 14689—2008）

1. 图纸幅面

图纸幅面是指由图纸宽度和长度组成的图面。

为了使图纸幅面统一，便于装订和保管以及符合缩微复制原件的要求，绘制工程图样时，应优先采用表1-1中规定的基本幅面。必要时允许选用加长幅面，其尺寸必须是由基本幅面的短边成整数倍数增加后得出。

表 1-1 基本幅面与图框尺寸

mm

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
尺寸 $B \times L$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297

续表

边 框	a	25	
	c	10	5
	e	20	10

2. 图框格式

图纸上限定绘图区域的线框称为图框。

在图纸上必须用粗实线画出图框，其格式分为留装订边和不留装订边两种。需要装订的图样，装订边预留 25mm 宽，图框距离图纸边界的尺寸要依据图幅大小而定，图框格式如图 1-1 所示。不需装订的图样则不留装订边，其图框格式如图 1-2 所示。

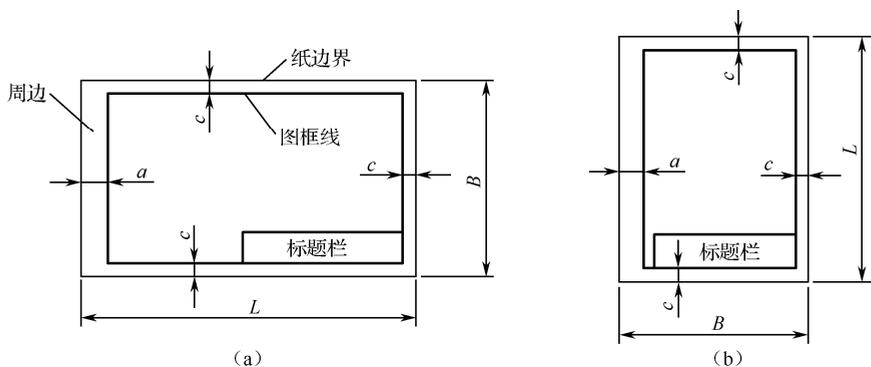


图 1-1 留装订边的图框格式

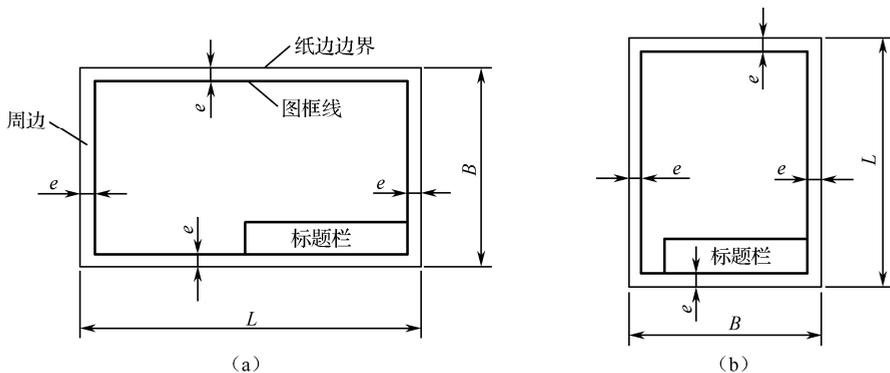


图 1-2 不留装订边的图框格式

3. 标题栏

每张图样都必须有标题栏。标题栏的位置一般位于图框右下角。标题栏的格式和尺寸按 GB/T 10609.1—2008 的规定，标题栏的外框是粗实线，其右边和底边与图框线重合，其余用细实线绘制。为了方便在学习本课程时作图，可采用如图 1-3 所示的简化标题栏。

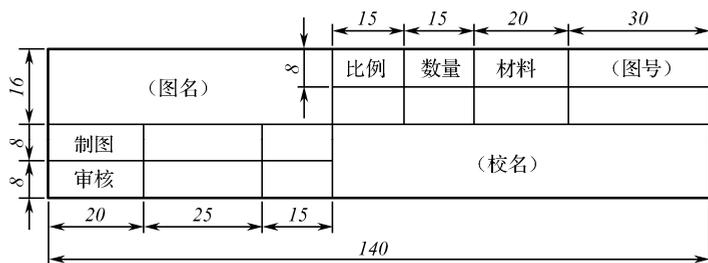


图 1-3 简化标题栏

4. 对中符号和方向符号

为了使图样复制时定位方便，在各边长的中点处分别画出对中符号（粗实线）。看图时，若标题栏位于图框右下角，则以标题栏中文字方向为看图方向。如果使用预先印制的图纸，需要改变标题栏的方位时，必须将其旋转至图纸的右上角。此时，为了明确看图方向，应在图纸的下边对中符号处画出方向符号，如图 1-4 所示。

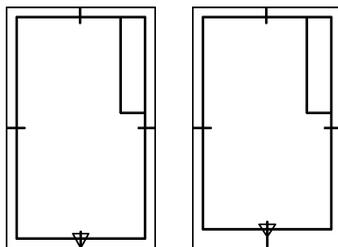


图 1-4 对中符号和方向符号

1.1.2 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。绘图时，优先采用表 1-2 中的比例值。

表 1-2 图样比例（优先系列）

种 类	比 例		
原值比例	1 : 1		
放大比例	5 : 1	2 : 1	
	$5 \times 10^n : 1$	$2 \times 10^n : 1$	$1 \times 10^n : 1$
缩小比例	1 : 2	1 : 5	1 : 10
	$1 : 2 \times 10^n$	$1 : 5 \times 10^n$	$1 : 1 \times 10^n$

注： n 为正整数。

使用比例时要注意以下两点。

(1) 无论采用何种比例画图，图上标注的尺寸是机件的实际尺寸，如图 1-5 所示。

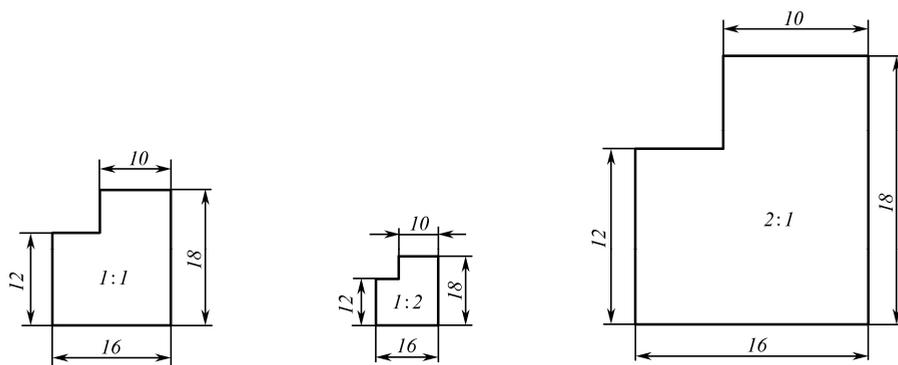


图 1-5 不同比例绘制的图形

(2) 原则上, 同一机件的各个视图采用相同的比例, 并注在标题栏的比例栏内。如果某个视图不采用标题栏的比例栏内的比例, 必须在视图名称的下方或右方注出比例。

1.1.3 字体 (GB/T 14691—1993)

图样和有关技术文件中书写的汉字、字母和数字必须做到: 字体端正、笔画清楚、排列整齐、间隔均匀。字体的号数即字体高度 (用 h 表示), 有 1.8mm, 2.5mm, 3.5mm, 5mm, 7mm, 10mm, 14mm, 20mm。

汉字要写成长仿宋体, 并采用国家正式公布的简化字, 汉字高度不小于 3.5mm, 字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。长仿宋体的书写要领: 横平竖直、起落有锋、结构匀称、写满方格。如图 1-6 所示是长仿宋体汉字示例。

10 号字

横平竖直起落有锋结构匀称写满方格

7 号字

书写汉字字体工整笔画清楚间隔均匀排列整齐

五号字

机械制图国家标准认真执行耐心细致技术要求尺寸公差配合性质

图 1-6 长仿宋体汉字示例

字母和数字分 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度 d 为字高 h 的 $1/14$, B 型字体的笔画宽度 d 为字高 h 的 $1/10$ 。同一图样只允许一种字体。

字母和数字可写成斜体或直体。斜体字字头向右倾斜, 与水平线成 75° 角, 如图 1-7 所示。



图 1-7 字母和数字书写示例

1.1.4 图线 (GB/T 17450—1998 和 GB/T 4457.4—2002)

1. 图线线型及应用

GB/T 4457.4—2002《机械制图 图样画法 图线》中规定了 9 种用于机械制图使用的图线标准。表 1-3 所示是各种图线的名称、型式、图线宽度及其一般应用。如图 1-8 所示为线型应用举例。

表 1-3 机械制图使用的图线

图线名称	线型	图线宽度	一般应用
粗实线		d (粗)	可见轮廓线
细实线		$d/2$ (细)	重合断面的轮廓线, 过渡线, 尺寸线及尺寸界线, 剖面线
波浪线		$d/2$ (细)	
双折线		$d/2$ (细)	断裂处的边界线, 视图和剖视图的分界线
细虚线		$d/2$ (细)	不可见轮廓线
粗虚线		d (粗)	允许表面处理的表示线
细点画线		$d/2$ (细)	轴线, 对称中心线
粗点画线		d (粗)	限定范围表示线
细双点画线		$d/2$ (细)	相邻辅助零件的轮廓线, 可动零件的极限位置的轮廓线, 轨迹线, 中断线

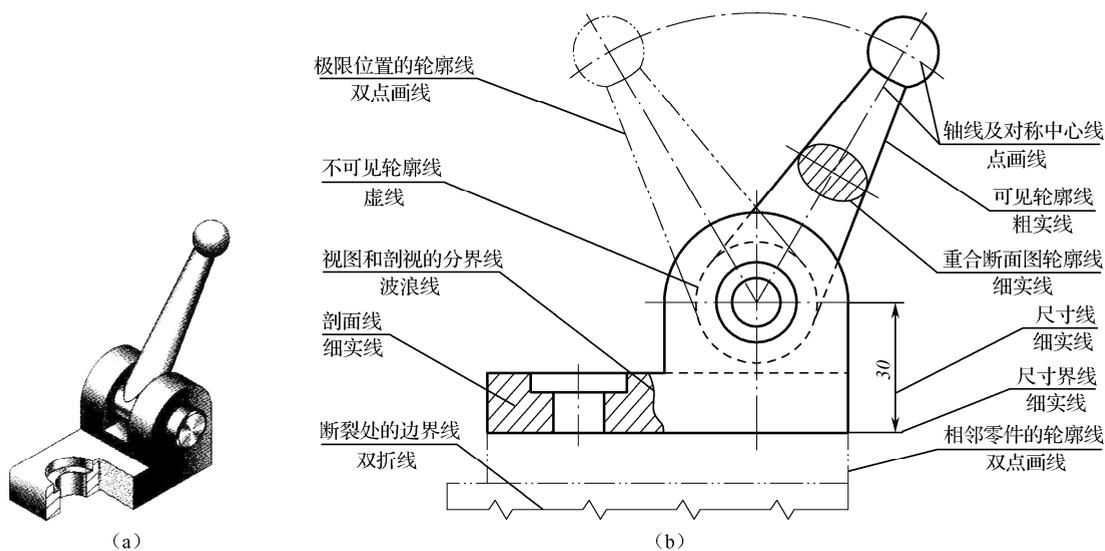


图 1-8 线型应用举例

2. 图线的尺寸

机械图样中采用粗细两种图线宽度，它们的比例为 2 : 1。图线的宽度 d 应根据图幅的大小、机件的复杂程度等在下列数字系列中选择：0.13mm、0.18mm、0.25mm、0.35mm、0.5mm、0.7mm、1mm、1.4mm、2mm。粗线的宽度通常采用 0.5mm 或 0.7mm。为了保证图样清晰，便于复制，图样上尽量避免出现宽度小于 0.18mm 的图线。

3. 线素的长度

图线中的点、长度不同的画和间隔称为线素。表 1-3 中的线型有点、短间隔、画和长画线素。虚线由画和短间隔组成；点画线、双点画线由长画、短间隔和点组成。若图线宽度为 d ，线素长度为：点的长度 $\leq 0.5d$ ；短间隔的长度 $= 3d$ ；画的长度 $= 12d$ ；长画的长度 $= 24d$ 。

4. 图线画法注意事项 (如图 1-9 所示)

(1) 在同一图样中，同类图线的宽度应一致，虚线、点画线、双点画线的线段长度和间隔应大致相同。

(2) 绘制圆的对称中心线时，圆心应在线段与线段的相交处，细点画线应超出圆的轮廓线约 3mm。当所绘圆的直径较小，画点画线有困难时，细点画线可用细实线代替。

(3) 细虚线、细点画线与其他图线相交时，都应以画相交。当细虚线处于粗实线的延长线上时，细虚线与粗实线之间应有空隙。

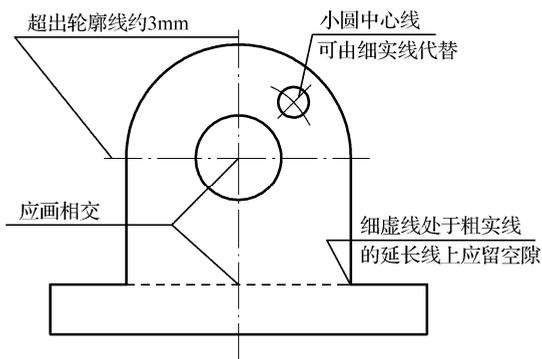


图 1-9 图线画法注意事项

1.1.5 尺寸注法

图样中的图形只能表达机件的形状和结构信息，而机件的大小是由标注的尺寸确定的。尺寸是图样中的重要内容之一，是制造机件的直接依据。因此，在标注尺寸时，必须严格遵守国家标准有关规定，做到正确、齐全、清晰和合理。在此主要介绍标注尺寸怎样达到正确的要求。尺寸注法的依据是 GB/T 4458.4—2003 和 GB/T 16675.2—1996。

1. 标注尺寸的基本规则

(1) 机件的真实大小应以图样上所注的尺寸数值为依据，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，以毫米（mm）为单位时，不需要标注计量单位的代号或名称，如采用其他单位，则必须注明相应的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，并应标在反映该结构最清晰的图形上。

2. 尺寸的组成

标注尺寸由尺寸界线、尺寸线和尺寸数字三要素组成，如图 1-10 所示。

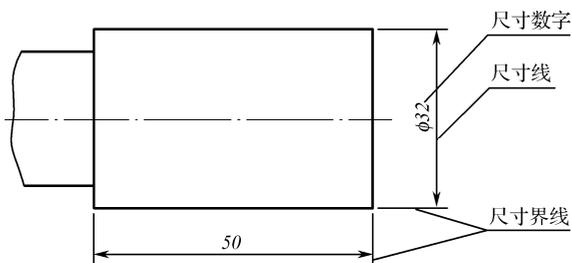


图 1-10 尺寸的组成

尺寸界线和尺寸线画成细实线，尺寸线的终端有箭头和斜线两种形式，如图 1-11 所示。通常机械图样的尺寸终端画箭头。当没有足够的地方画箭头时，可用小圆点或斜线代替。如图 1-12 所示。

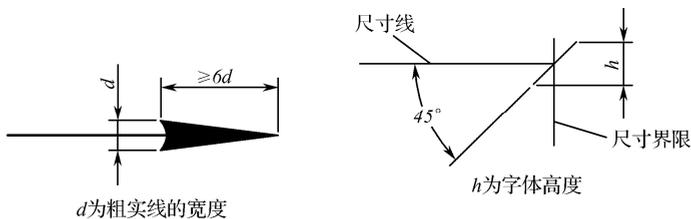


图 1-11 尺寸终端

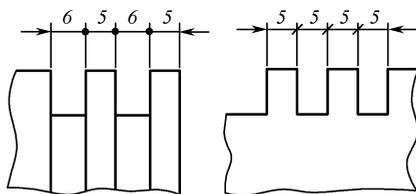


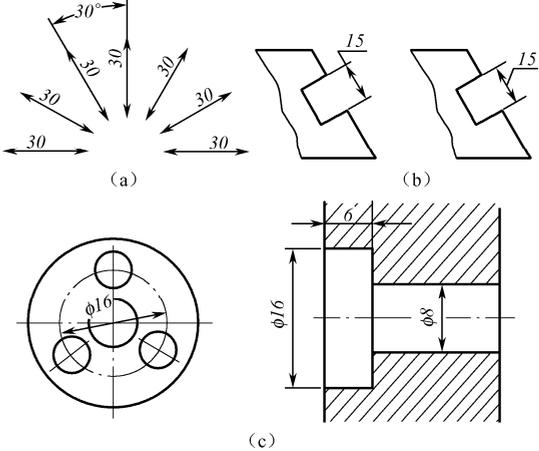
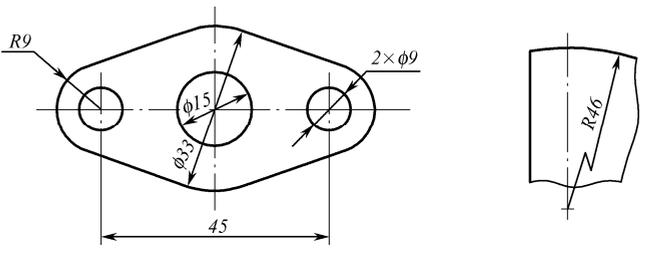
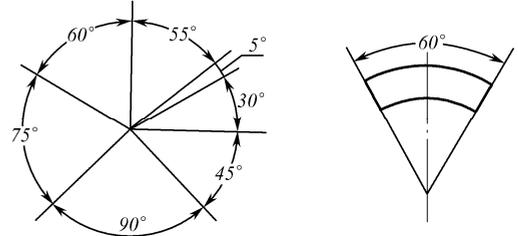
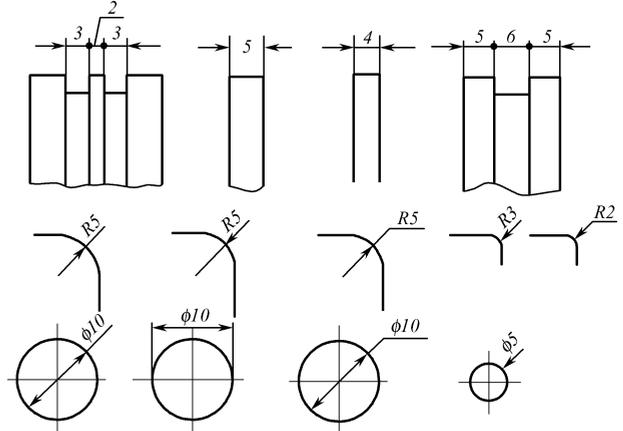
图 1-12 用圆点或斜线代替箭头

3. 尺寸注法示例

尺寸注法示例如表 1-4 所示。

表 1-4 尺寸注法示例

项目	图 例	说 明
尺寸界线		<p>尺寸界线应由图形的轮廓线、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；</p> <p>尺寸界线一般应与尺寸线垂直并超出尺寸线约 2~3mm</p>
尺寸线		<p>尺寸线不能用其他形式的图线代替，一般也不能与其他图线重合或画在其延长线上；</p> <p>尺寸线应平行于被标注的线段，其间隔及两平行的尺寸线间的间隔不小于 7mm；</p> <p>尺寸线间或尺寸线与尺寸界线之间应尽量避免相交</p>

项目	图 例	说 明
尺寸数字		<p>尺寸的数字一般应注写在尺寸线的上方或中断处；</p> <p>线性尺寸数字的注写方向如图 (a) 所示，并尽量避免在 30° 范围内标注尺寸，当无法避免时，可按图 (b) 所示的形式标注；</p> <p>尺寸数字不能被图样上任何图线所通过，否则必须将该图线断开，如图 (c) 所示</p>
直径和半径		<p>圆或大于半圆的弧一般注直径，在尺寸数字前加注符号 ϕ，小于或等于半圆的弧一般注半径，在尺寸数字前加注符号 R。直径和半径的尺寸线终端应画成箭头，尺寸线通过圆心或箭头指向圆心；</p> <p>圆弧的半径过大或在图纸范围内无法标出其圆心位置时，可采用折线形式标注</p>
角度		<p>标注角度时，尺寸界线径向引出，尺寸线应画成圆弧，其圆心是该角的顶点，角度的尺寸数字一律写成水平方向，一般注写在尺寸线的中断处，必要时也可以用指引线引出注写</p>
小尺寸		<p>无足够位置注写小尺寸时，箭头可外移或用小圆点代替两个箭头；尺寸数字也可写在尺寸界线外或引出标注</p>

1.2 平面图形的画法

1.2.1 几何图形画法

机件的轮廓是由直线、圆弧和其他曲线组成的几何图形,了解常见的几何图形的正确画法,将有利于识读和绘制机械图样。如表 1-5 所示是常见几何图形的作图方法。

表 1-5 常见几何图形的作图方法

种类	作图步骤	说明
正六边形	<p>(a) 做法一</p> <p>(b) 做法二</p>	<p>做法一: 利用外接圆半径作图;</p> <p>做法二: 利用外接圆、内切圆以及三角板配合作图</p>
斜度	<p>(a) 已给图形</p> <p>(b) 作斜度1:5的辅助线</p> <p>(c) 完成作图</p>	<p>一直线(或平面)对另一直线(或平面)的倾斜程度称为斜度。其大小用该两直线(或平面)间夹角的正切来表示,通常把比值化成1:n的形式;</p> <p>标注斜度符号时,其符号的斜边的斜向应与斜度的方向一致</p>
锥度	<p>(a) 已给图形</p> <p>(b) 作锥度1:5的辅助线</p> <p>(c) 完成作图</p>	<p>正圆锥底圆直径与其高度之比称为锥度。若是正圆锥台,则锥度为两底圆直径之差与其高度之比。通常也把锥度写成1:n的形式;</p> <p>标注锥度符号时,锥度符号的尖端应与圆锥的锥顶方向一致</p>



1.2.2 圆弧连接

在绘制平面图形时，常会遇到从一条线段光滑地过渡到另一条线段的情况。这种光滑的过渡就是两线段相切，在制图中称为连接，切点称为连接点。用圆弧连接时，这个圆弧称为连接弧。画连接弧的关键是求其圆心和切点。如表 1-6 所示是常见圆弧连接的作图方法。

表 1-6 常见圆弧连接的作图方法

种 类	作 图 步 骤	作 法 说 明
用半径为 R 的圆弧连接两条直线 L_1 、 L_2		<p>如图 (a) 所示，分别作与直线 L_1、L_2 相距为 R 的平行线，交点 O 即为连接弧的圆心；</p> <p>如图 (b) 所示，自圆心 O 分别向直线 L_1 和 L_2 作垂线，垂足 K_1 和 K_2 即为切点；</p> <p>如图 (c) 所示，以 O 为圆心，R 为半径画弧 K_1K_2，即为所求连接弧</p>
用半径为 R 的圆弧外切连接半径为 R_1 和 R_2 两已知圆弧		<p>如图 (a) 所示，外切连接时，分别以 O_1 和 O_2 为圆心，$R+R_1$ 和 $R+R_2$ 为半径作弧，交于 O 点即为所求连接弧的圆心。</p> <p>如图 (b) 所示，作连心线 OO_1 和 OO_2 与已知圆弧交于 K_1 和 K_2，即为切点。</p> <p>如图 (c) 所示，以 O 为圆心，R 为半径，作圆弧 K_1K_2，即为所求连接弧</p>

续表

种类	作图步骤	作法说明
<p>用半径为 R 的圆弧内切连接半径为 R_1 和 R_2 两已知圆弧</p>		<p>如图 (a) 所示, 内切连接时, 分别以 O_1 和 O_2 为圆心, $R-R_1$ 和 $R-R_2$ 为半径作弧。交于 O 点即为所求连接弧的圆心。</p> <p>如图 (b) 所示, 作连心线 OO_1 和 OO_2 与书籍圆弧交于 K_1 和 K_2, 即为切点。</p> <p>如图 (c) 所示, 以 O 为圆心, R 为半径, 作圆弧 K_1K_2, 即为所求连接弧</p>
<p>用半径为 R 的圆弧连接一条直线和圆弧</p>		<p>如图 (a) 所示, 作直线 L_1 平行于直线 L, 距离为 R, 以 O_1 为圆心, $R+R_1$ 为半径画弧, 与直线 L_1 的交点 O 点即所求连接弧圆心。</p> <p>如图 (b) 所示, 作连心线 OO_1 与已知弧交于 K_1, 自 O 点向已知直线 L 作垂线得垂足 K_2。 K_1、K_2 为切点。</p> <p>如图 (c) 所示, 以 O 为圆心, R 为半径画弧 K_1K_2, 即为所求连接弧</p>

1.2.3 平面图形的尺寸分析与作图

绘制平面图形前, 首先要对图形进行尺寸和线段分析, 以明确作图顺序, 正确快速地画出平面图形。下面以图 1-13 中所示拨叉的平面图为例进行分析。

1. 平面图形的尺寸分析

平面图形中的尺寸, 按其作用可分为两类。

(1) 定形尺寸。确定平面图形中各线段形状大小的尺寸。如图 1-13 中的 $\phi 60$ 、 $\phi 20$ 、 $R12$ 、 $R16$ 、 28 、 6 等。

(2) 定位尺寸。确定图形中各个线段或线框间相对位置的尺寸。如图 1-13 中的 24° 、 34° 、 42° 、 50° 、 70° 、 23° 、 30° 等。

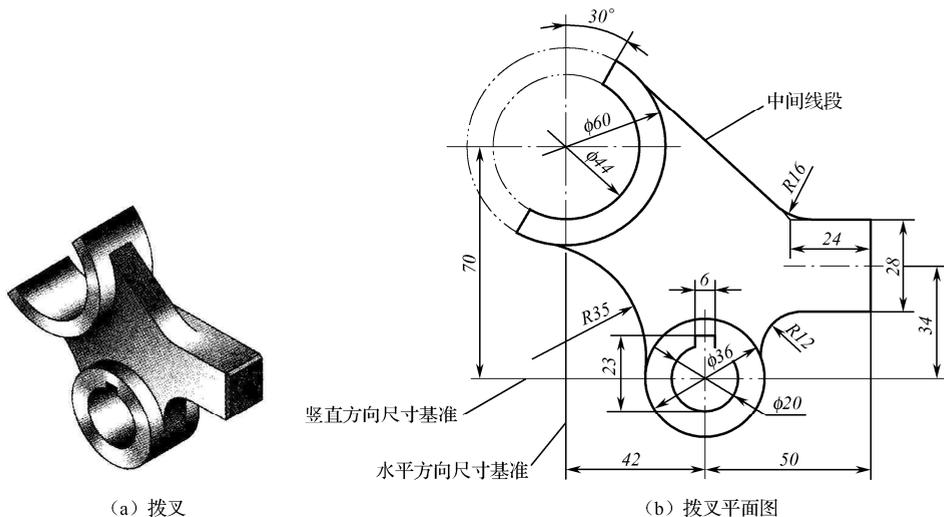


图 1-13 拨叉及拨叉的平面图

需要指出,有的尺寸既可以是定形尺寸,又可以是定位尺寸。如图 1-13 中的 28,它既可确定所注直线段的长度(属于定形尺寸),又是图中斜线段右下端点垂直方向的定位尺寸。

(3) 尺寸基准。平面图形中线段、线框之间的相对位置有水平(左右)和竖直(上下)两个方向,标注平面图形的定位尺寸时,应该首先确定这两个方向上的参照元素(点或线),也就是确定定位尺寸标注的起点,这个起点被称为尺寸基准。一般平面图形中常把图形的对称线、较长的直线和较大直径的圆的中心线作为尺寸基准。图 1-13 中的尺寸基准是 $\phi 36$ 圆的垂直中心线和水平中心线。

2. 平面图形的线段分析

根据图形中给出的各线段的定形尺寸和定位尺寸是否齐全,将线段分为已知线段、中间线段和连接线段 3 种。

(1) 已知线段。定形尺寸和定位尺寸齐全的线段称为已知线段。对于图中的已知线段,根据给出的尺寸能直接画出来。如图 1-13 中的 $\phi 36$ 、 $\phi 20$ 圆, $\phi 44$ 、 $\phi 60$ 圆弧,以及长度为 6、28 的直线段都是已知线段。

(2) 中间线段。有定形尺寸但定位尺寸不全的线段称为中间线段。对于图中的中间线段,要根据该线段与相邻线段的关系才能画出来。如图 1-13 中的斜线段,仅已知其一端点的定位尺寸 24,另一端与圆弧 $\phi 60$ 相切,则该直线是一条中间线段。对于圆弧,如果是已知圆弧半径但仅有一个方向的圆心定位尺寸,则该圆弧是一条中间线段。

(3) 连接线段。仅有定形尺寸而没有定位尺寸的圆弧是连接线段,圆的公切线也是连接线段。连接线段只有在相邻线段已经画出时,才能用几何作图方法画出来。如图 1-13 中的 R16、R35、R12 等。

3. 平面图形的作图步骤

以图 1-13 所示拨叉的平面图形为例,说明平面图形的一般作图步骤。

(1) 首先画尺寸基准线,并根据图形的定位尺寸画出线段的定位线,如图 1-14 (a) 所示。

- (2) 画已知线段, 如图 1-14 (b) 所示。
- (3) 画中间线段, 如图 1-14 (c) 所示。
- (4) 画连接线段, 如图 1-14 (d) 所示。
- (5) 检查整理, 描深图线, 注写尺寸, 如图 1-14 (e) 所示。

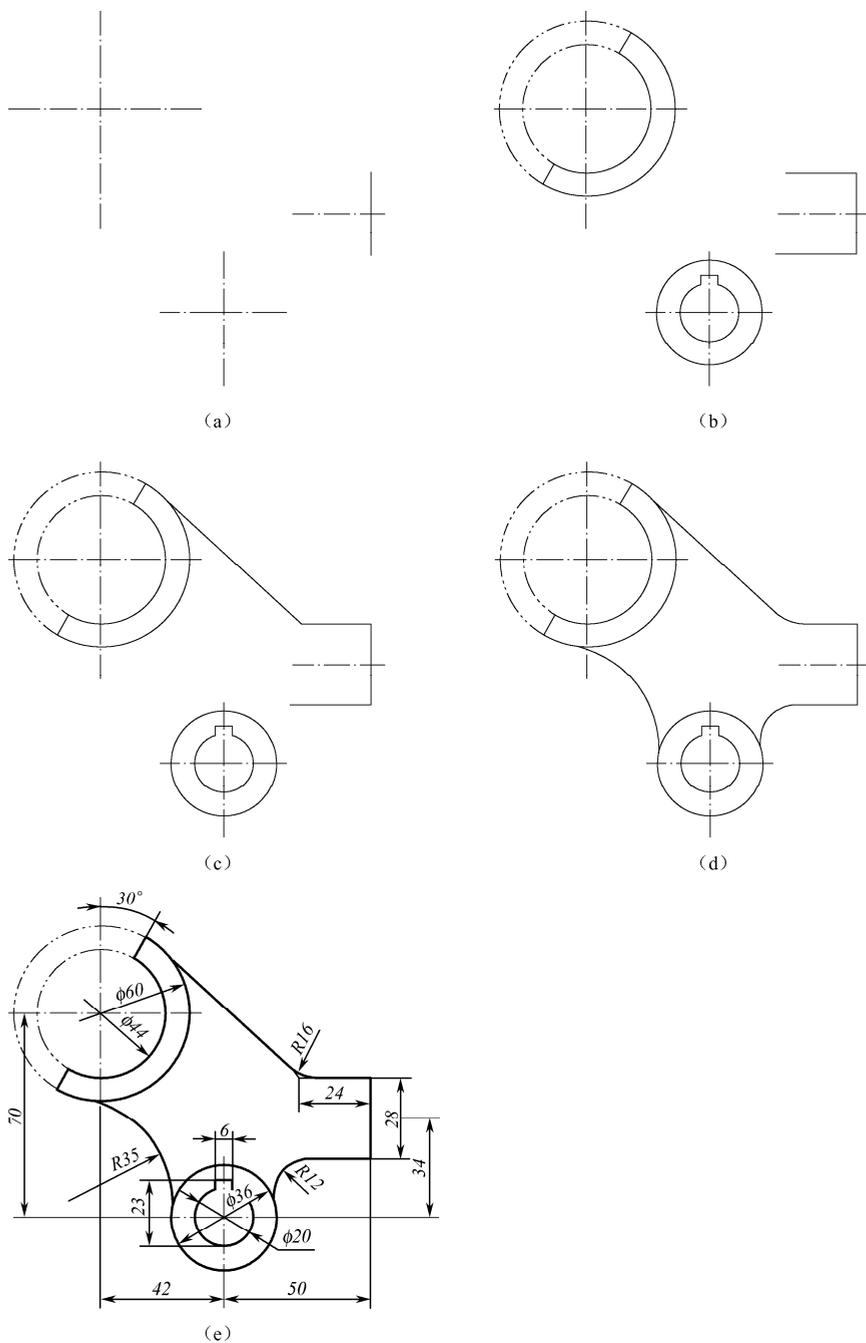


图 1-14 拨叉平面图绘图步骤