

21 世纪高等教育系列教材（机械工程类）

# 画法几何与机械制图

主 编	常永坤	张胜来	朱振华
副主编	王洪龄	胡安水	
参 编	赵大华	陶晓军	
	邵长风	刘 强	

吉林大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

画法几何与机械制图/常永坤,张胜来,朱振华主编. - 长春:吉林大学出版社,2004. 12

ISBN 7-5601-3100-X

I. 画... II ①常... ②张... III. 工程制图 IV. TB30

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 078621 号

21 世纪高等教育系列教材(机械工程类)

## 画法几何与机械制图

常永坤 张胜来 朱振华 主编

---

责任编辑、责任校对:张显吉

装帧设计:水木时代(北京)图书中心

---

吉林大学出版社出版  
(长春市明德路 421 号)

吉林大学出版社发行  
安徽蚌埠广达印务有限公司印刷

---

开本:787×1092 毫米 1/16

2004 年 12 月第 1 版

印张:19.25

2004 年 12 月第 1 次印刷

字数:517 千字

印数:3000 册

---

ISBN 7-5601-3100-X

定价:43.00 元(本册 29.00 元)

## 编审说明

全国高等学校机械类专业通用教材,在高职教学中发挥了重要作用,受到了广大师生的欢迎。但是,随着科技的发展、技术的更新以及高级技能人才的需求量迅速增加,高职教育相应发展也比较快,而非中职、中技起点的高级工、技师的教材滞后,已给教学造成了很大的困难。为此,我们参照《机械制图》和《技术制图》国家标准,根据高级工培养目标,组织编写了这套《画法几何与机械制图》(含习题集)教材。

本书主要内容包括:制图基本知识与技能,几何元素的投影,投影变换,立体的投影及表面交线,轴测图,组合体,机件的表达方法,常用件,零件图,装配图,计算机绘图等。

经审定,本书可作为机械类专业非中职、中技起点的高职、高技教材,也可作为高级工、技师培训教材。

本书由常永坤、张胜来、朱振华主编,王洪龄、胡安水担任副主编,赵大华、陶晓军、邵长风、刘强也参加了编写工作,编写人员分工如下:常永坤(第一、二章)、张胜来(第三章及附表)、朱振华(第六、七章)、王洪龄(第五章)、胡安水(第四章)、赵大华(第八章)、陶晓军(第十章)、邵长风(第九章)、刘强(第十一章)。

限于编者水平及时间仓促,书中不妥之处,敬请广大读者和有关专家教授不吝批评指正。

21 世纪高等教育系列教材编审指导委员会  
2004 年 12 月

# 目 录

<b>第一章 制图基本知识与技能</b> .....	(1)
§ 1.1 基本制图标准 .....	(1)
§ 1.2 绘图工具和仪器的使用 .....	(10)
§ 1.3 几何作图 .....	(14)
§ 1.4 绘图的方法与步骤 .....	(20)
<b>第二章 几何元素的投影</b> .....	(22)
§ 2.1 投影法的基本知识 .....	(22)
§ 2.2 点的投影 .....	(23)
§ 2.3 直线的投影 .....	(28)
§ 2.4 平面的投影 .....	(37)
§ 2.5 直线与平面、平面与平面的相对位置 .....	(42)
<b>第三章 投影变换</b> .....	(51)
§ 3.1 换面法 .....	(51)
§ 3.2 旋转法 .....	(59)
<b>第四章 立体的投影及表面交线</b> .....	(65)
§ 4.1 基本体的投影 .....	(65)
§ 4.2 平面与立体相交 .....	(72)
§ 4.3 两曲面立体表面相交 .....	(80)
<b>第五章 轴测图</b> .....	(89)
§ 5.1 轴测图的基本知识 .....	(89)
§ 5.2 正等轴测图(正等测) .....	(90)
§ 5.3 斜二等轴测图(斜二测) .....	(96)
§ 5.4 轴测图的选择 .....	(98)
§ 5.5 轴测草图的画法 .....	(99)
§ 5.6 轴测剖视图的画法 .....	(106)
<b>第六章 组合体</b> .....	(109)
§ 6.1 组合体的组合形式 .....	(109)
§ 6.2 组合体视图的画法 .....	(112)
§ 6.3 组合体的尺寸标注 .....	(116)
§ 6.4 读组合体视图 .....	(123)
<b>第七章 机件的表达方法</b> .....	(136)
§ 7.1 机件外部形状的表达——视图 .....	(136)
§ 7.2 机件内部形状的表达——剖视图 .....	(140)
§ 7.3 机件断面形状的表达——断面图 .....	(150)
§ 7.4 机件局部细小结构的表达——局部放大图 .....	(153)
§ 7.5 常用简化画法(GB/T 16675.1-1996) .....	(154)
§ 7.6 第三角画法 .....	(158)

第八章 常用件 .....	(161)
§ 8.1 螺纹及螺纹紧固件 .....	(162)
§ 8.2 齿轮 .....	(170)
§ 8.3 键和销 .....	(177)
§ 8.4 弹簧 .....	(179)
§ 8.5 滚动轴承 .....	(181)
§ 8.6 中心孔 (GB/T4459.5 - 1999) .....	(183)
第九章 零件图 .....	(187)
§ 9.1 零件图概述 .....	(187)
§ 9.2 零件结构形状的表达 .....	(189)
§ 9.3 典型零件的表达方法 .....	(194)
§ 9.4 零件图的尺寸标注 .....	(198)
§ 9.5 零件图的技术要求 .....	(204)
§ 9.6 常见的零件工艺结构 .....	(212)
§ 9.7 零件图的识读 .....	(216)
§ 9.8 零件测绘 .....	(227)
第十章 装配图 .....	(231)
§ 10.1 装配图概述 .....	(231)
§ 10.2 装配图画法的基本规定和特殊表达方法 .....	(233)
§ 10.3 装配图的尺寸标注及序号和明细栏 .....	(238)
§ 10.4 装配结构的构型 .....	(240)
§ 10.5 画装配图的方法和步骤 .....	(242)
§ 10.6 识读装配图 .....	(247)
§ 10.7 由装配图拆画零件图 .....	(249)
§ 10.8 读装配图举例 .....	(253)
第十一章 计算机绘图软件 AutoCAD 技术简介 .....	(258)
§ 11.1 AutoCAD 的使用概述及用户界面 .....	(258)
§ 11.2 AutoCAD 的基本操作 .....	(261)
§ 11.3 图形的绘制与编辑 .....	(267)
§ 11.4 辅助绘图命令 .....	(283)
§ 11.5 绘图举例 .....	(288)
§ 11.6 AutoCAD 三维技术简介 .....	(291)
附表 1 标准公差数值表 .....	(293)
附表 2 轴的基本偏差数值(左部) .....	(294)
附表 3 轴的基本偏差数值(右部) .....	(295)
附表 4 孔的基本偏差数值(左部) .....	(296)
附表 5 孔的基本偏差数值(右部) .....	(297)
附表 6 优先配合中轴的极限偏差 .....	(298)
附表 7 优先配合中孔的极限偏差 .....	(299)
附表 8 普通螺纹直径与螺距系列(GB193 - 1987)、基本尺寸(GB196 - 1981)摘编 .....	(300)

# 第一章 制图基本知识与技能

机械图样是现代工业设计和生产中的最重要技术文件之一,是表达设计思想,进行技术交流的共同语言。凡是从事工业生产的人,没有不和机械图样打交道的。对于高级技术工人(高级工、技师)来说,更是必须具备一定的识图和画图能力。本章扼要介绍国家标准《技术制图》与《机械制图》的有关规定,并介绍绘图工具的使用和绘图基本技能。

## § 1.1 基本制图标准

我国国家标准(简称国标)的代号是“GB”(“GB/T”为推荐性国标),它是由“国标”两个汉字的汉语拼音的第一个字母“G”和“B”组成的,例如 GB/T 17451 - 1998《技术制图 图样画法 视图》即表示制图标准中图样画法的视图部分,编号为 17451,发布的年号是 1998 年。需要注意的是,《机械制图》标准适用于机械图样,《技术制图》标准则对工程界的各种专业技术图样普遍适用。

本节主要介绍制图标准中的图纸幅面、比例、字体和图线等制图基本规定,其他标准将在有关章节中叙述。

### 1.1.1 图纸幅面和格式(GB/T 14689 - 1993)

#### 1. 标准图幅

绘制图样时,应优先采用表 1-1 中规定的基本幅面,必要时也可采用规定的加长幅面,这些幅面的尺寸是由相应基本幅面的短边成整数倍增加得出,如图 1-1 所示。图中粗实线所示为基本幅面,细实线和虚线都为加长幅面,其优先级别顺序为:基本幅面,由细实线表示的加长幅面,由虚线表示的加长幅面。加长幅面的代号为:基本幅面代号×加长幅数。

图纸幅面可横放或竖放,如图 1-1 所示。

表 1-1 基本幅面尺寸

单位:mm

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

#### 2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出图框,其格式分为不留装订边和留有装订边两种,但同一产品的图

样只能采用一种格式。

不留装订边的图纸,其图框格式如图1-2所示,尺寸按表1-1的规定。留有装订边的图纸,其图框格式如图1-3所示,尺寸按表1-1的规定。

加长幅面的图框尺寸,按所选用的基本幅面大一号的图框尺寸确定。例如 A2×3 的图框尺寸,按 A1 的图框尺寸确定,即  $e$  为 20(或  $c$  为 10),而 A3×4 的图框尺寸,按 A2 的图框尺寸确定,即  $e$  为 10(或  $c$  为 10)。

### 3. 标题栏(GB/T 10609.1 - 1989)

每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏的位置应位于图纸的右下角,如图1-2、图1-3所示。

标题栏的长边置水平方向并与图纸的长边平行时,则构成 X 型图纸,如图1-2(a)、图1-3(a)。若标题栏的长边与图纸的长边垂直时,则构成 Y 型图纸,如图1-2(b)、图1-3(b)所示。看图的方向与标题栏的文字方向一致。

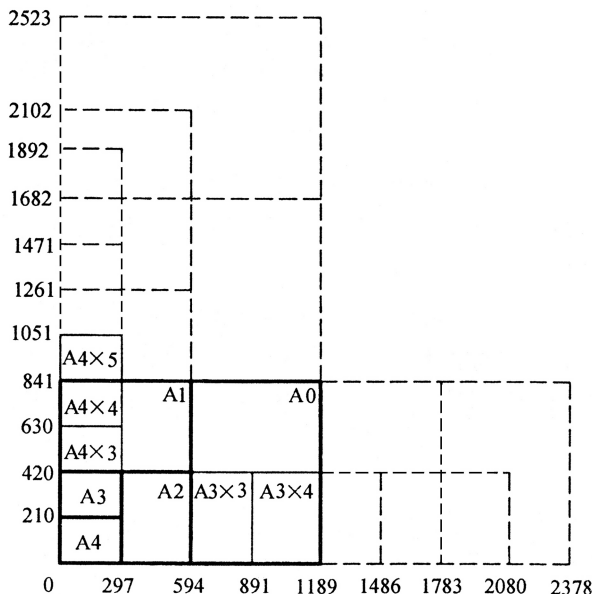


图 1-1 图纸幅面

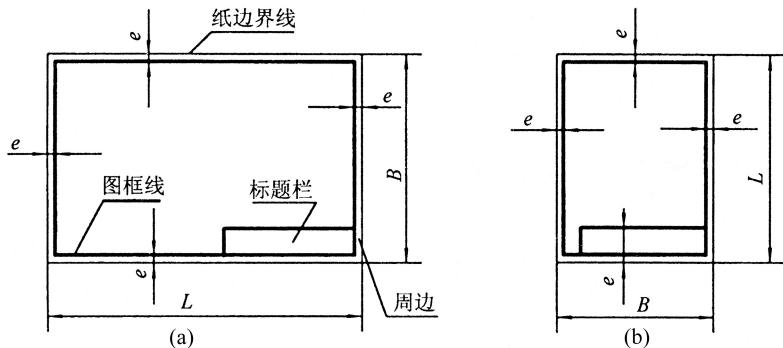


图 1-2 不留装订边的图样的图框格式

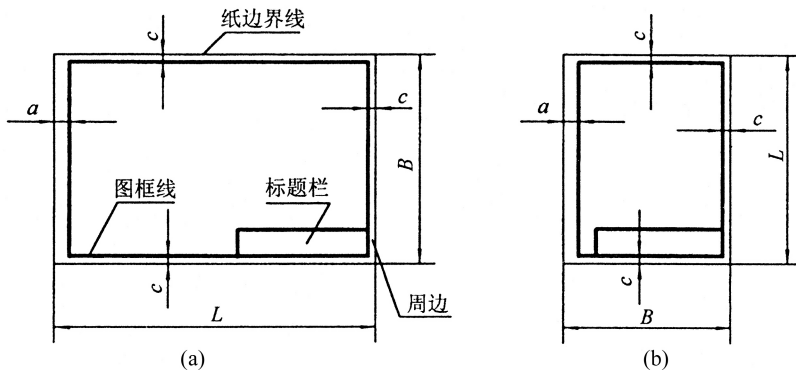


图 1-3 留装订边的图样的图框格式

标题栏一般有更改区、签字区、其他区、名称及代号区,也可按实际需要增加或减少。

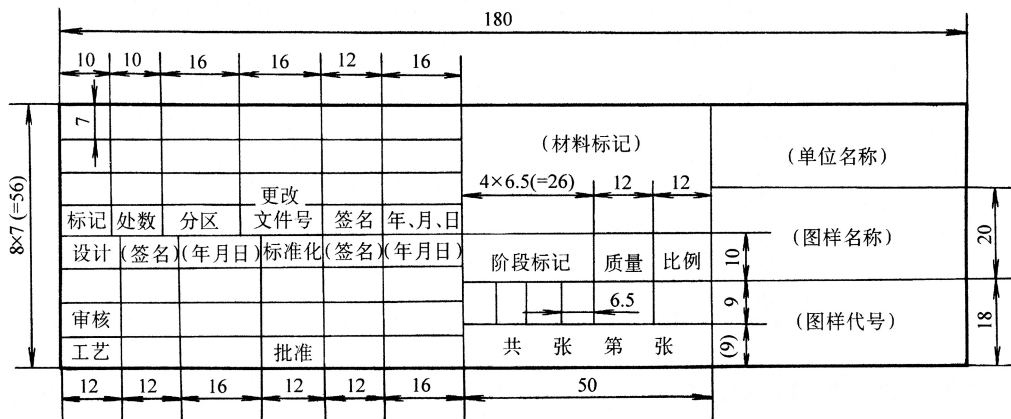
**更改区:**一般由更改标记、处数、分区、更改文件号、签名和 年 月 日等组成。

**签字区:**一般由设计、审核、工艺、标准化、批准、签名和 年 月 日等组成。

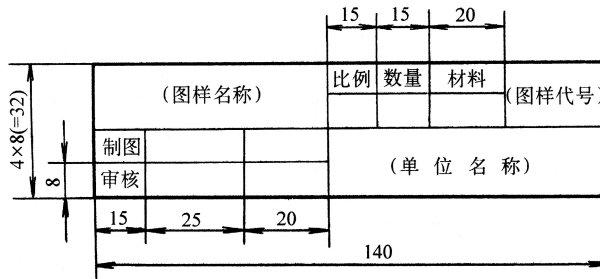
**其他区:**一般由材料标记、阶段标记、重量、比例、共 张第 张等组成。

**名称及代号区:**一般由单位名称、图样名称和图样代号等组成。

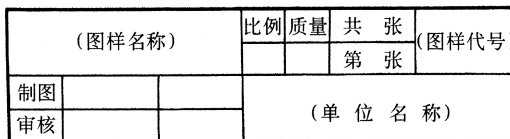
在国标(GB/T 10609.1 - 1989)中推荐的标题栏格式如图 1-4(a)所示。学生在制图作业中常用简化的标题栏格式,如图 1-4(b)、(c)所示。



(a)国际中推荐的标题栏



(b)简化的标题栏(零件图用)



(c)简化的标题栏(将配图用)

图 1-4 标题栏格式

### 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。国标规定制图可采用的比例见表 1-2。

表 1-2 比 例

原值比例	优先使用	1: 1			
放大比例	优先使用	5: 1 $5 \times 10^n: 1$	2: 1 $2 \times 10^n: 1$	$1 \times 10^n: 1$	
	可使用	4: 1 $4 \times 10^n: 1$	2.5: 1 $2.5 \times 10^n: 1$		
缩小比例	优先使用	1: 2 $1: 2 \times 10^n$	1: 5 $1: 5 \times 10^n$	1: 10 $1: 1 \times 10^n$	
	可使用	1: 1.5 $1: 1.5 \times 10^n$	1: 2.5 $1: 2.5 \times 10^n$	1: 3 $1: 3 \times 10^n$	1: 4 $1: 4 \times 10^n$

注: $n$  为正整数。

比例一般应标注在标题栏内,必要时可在视图名称的下方或右侧标注比例,这在后面相关章节中会作介绍。

### 1.1.3 字体(GB/T 14691 - 1993)

在工程图样中,除了表示机件形状的图形外,还要用文字、字母、数字来说明机件的技术要求和大小等内容。

书写字体必须做到:字体工整,笔画清楚,间隔均匀,排列整齐。

字体高度(用  $h$  表示)的公称尺寸系列为:1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20 mm,其中汉字的高度  $h$  不应小于 3.5 mm,其字宽一般为  $h/\sqrt{2}$ 。

字体高度代表字体的号数。如需要书写更大的字,其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。

汉字应写成长仿宋体字,并应采用中华人民共和国国务院正式公布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。

长仿宋体的主要特点是笔画细直清楚,字体结构均匀。其笔画特点是横平竖直,粗细一致,撇挑锋利,勾拐有棱,起落有顿,适用于硬笔尖(钢笔和铅笔)一笔写成。汉字示例如图 1-5 所示。

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 型字体笔画宽度( $d$ )为字高( $h$ )的 1/10。在同一图样上,只允许选用一种型式的字体。

字母和数字可写成斜体和直体。斜体字字头向右倾斜,与水平基准线成  $75^\circ$ 。A 型斜体字母、数字示例如图 1-6 所示。

字体端正 笔画清楚 排列整齐 间隔均匀

装配时作斜度深沉最大小球厚直网纹均布水平镀抛光研  
视图向旋转前后表面展开基准高宽两端中心孔锥销键材

图 1-5 汉字——长仿宋体示例



图 1-6 A 型斜体字母、数字示例

汉字、拉丁字母、希腊字母、阿拉伯数字和罗马数字等组合书写时,其排列格式和间距应满足一定要求,详见国标 GB/T 14691 - 1993 的有关规定。

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,应分别符合国家的有关法令和标准的规定。图 1-7 是字体组合示例。

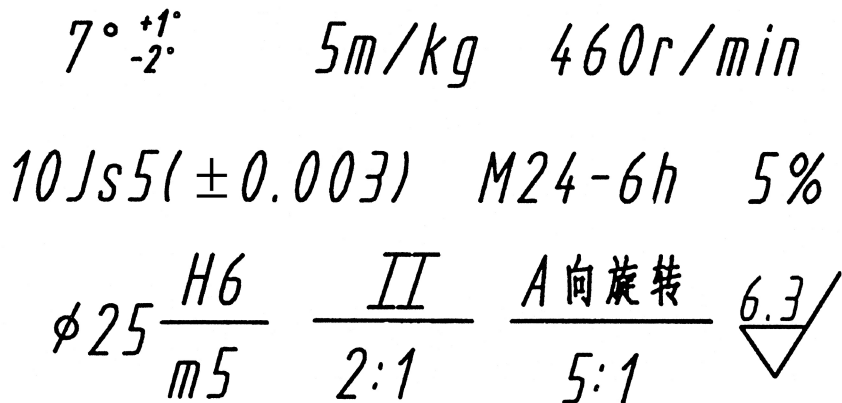


图 1-7 字体组合示例




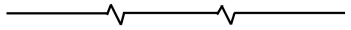
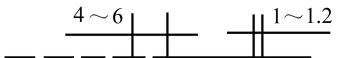
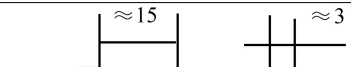
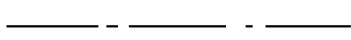
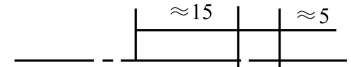
#### 1.1.4 图线及其画法 (GB/T 4457.4 - 1984)

绘制图样时,应采用表 1-3 中规定的图线。表 1-3 及图 1-8 列出了机械图样中常用图线的型式、宽度及主要用途,其他用途可查阅国标。

图线分为粗、细两种。粗线的宽度  $b$  应按图的大小和复杂程度,在 0.5 ~ 2 mm 之间选择,细线的宽度约为  $b/3$ 。

图线宽度的推荐系列为:0.18、0.25、0.35、0.5、0.7、1、1.4、2 mm。由于图样复制中所存在的困难,0.18 mm 应避免采用。

表 1-3 图线的型式、宽度和主要用途

图线名称	图线型式	图线宽度	主要用途
粗实线		$b$	可见轮廓线,可见过渡线
细实线		约 $b/3$	尺寸线,尺寸界线,剖面线,引出线
波浪线		约 $b/3$	断裂处的边界线,视图和剖视的分界线
双折线		约 $b/3$	断裂处的分界线
虚线		约 $b/3$	不可见轮廓线,不可见过渡线
细点划线		约 $b/3$	轴线,对称中心线,节圆及节线
粗点划线		$b$	有特殊要求的表面的表示线
双点划线		约 $b/3$	假想投影轮廓线,中断线相邻辅助零件的轮廓线

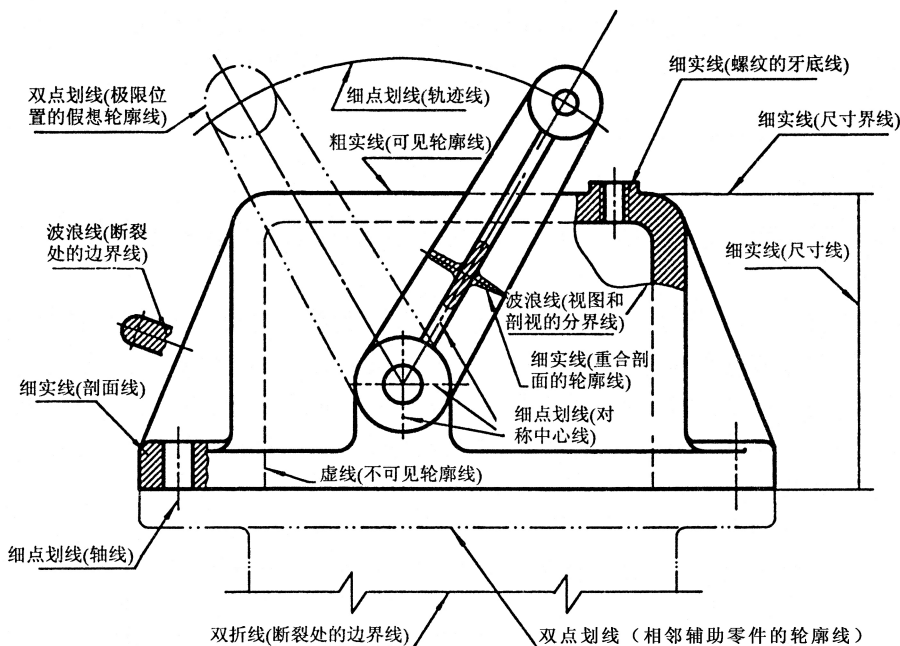


图 1-8 图线应用举例

如图 1-9 所示,绘图时应遵守以下各点:

(1) 同一图样中同类图线的宽度应基本一致。虚线、点划线及双点划线的线段长度和间隔应各自大致相等。

(2) 两条平行线(包括剖面线)之间的距离应不小于粗实线的 2 倍宽度。其最小距离不得小于 0.7 mm。

(3) 点划线和双点划线的首末两端,应是线段而不是短划。

(4) 点划线应超出相应图形轮廓 2~5 mm。

(5) 绘制圆的对称中心线时,圆心应为线段的交点。在较小的图形上绘制点划线或双点划线有困难时,可以用细实线代替。

(6) 当虚线与虚线或与其他图线相交时,应以线段相交;当虚线是粗实线的延长线时,实线画到交点,在虚线处留有间隙。

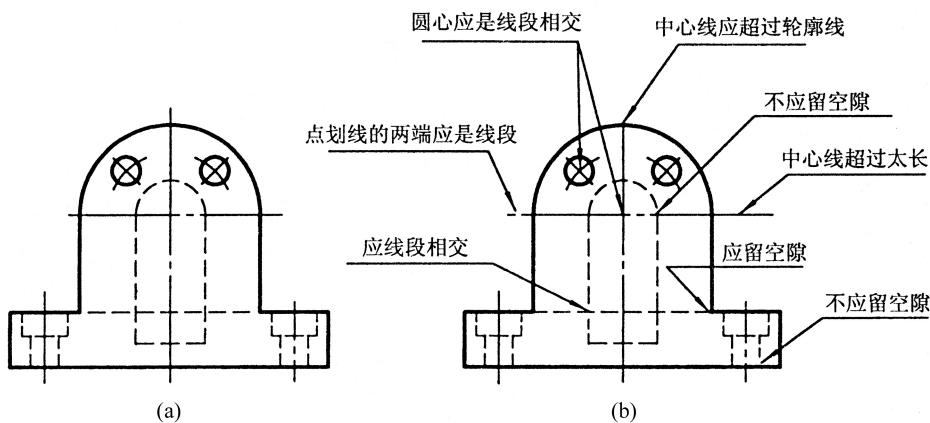


图 1-9 图线应用时容易出错的地方

### 1.1.5 尺寸注法(GB /T 4458.4 - 1984)

#### 1. 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(包括技术要求和说明)的尺寸,以毫米为单位时,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,并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

#### 2. 尺寸的组成

一个完整的尺寸由尺寸数字、尺寸线和尺寸界线三部分组成,如图 1-10 所示。

(1) 尺寸界线用细实线绘制,长度要超出尺寸线约 2 mm,一般由图形的轮廓线、轴线或对称线引出,如图 1-11 所示中的水平方向尺寸。

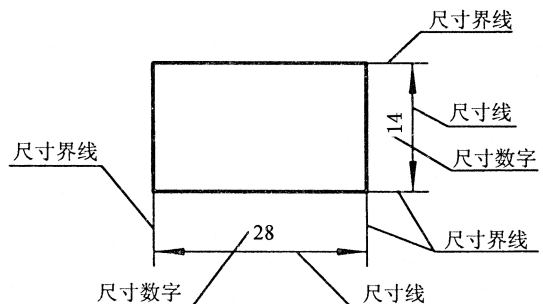


图 1-10 尺寸的三要素

尺寸界线也可用轮廓线、轴线或对称中心线代替,如图 1-11 中的垂直方向尺寸。

尺寸界线一般应与尺寸线垂直,必要时才允许倾斜;当在光滑过渡处标注尺寸时,必须用细实线将轮廓线延长,从它们的交点处引出尺寸界线,如图 1-12 所示。

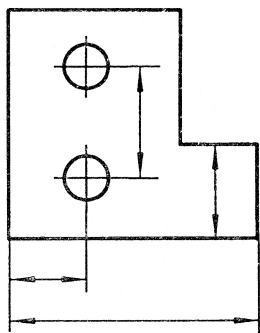


图 1-11 尺寸界线的引出

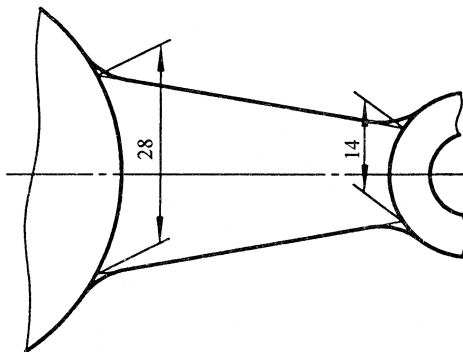


图 1-12 尺寸界线的特殊画法

(2) 尺寸线用细实线绘制,不能用其他图线代替,也不能与其他图线重合或画在其延长线上,尺寸线相互间应尽量避免相交。尺寸线一般应与尺寸界线垂直。标注线性尺寸时,尺寸线必须与所标注的线段平行,尺寸线与轮廓线的距离以及相平行的尺寸线间的距离应尽量全图一致。

尺寸线的终端可以有两种形式:箭头或斜线,如图 1-13 所示。

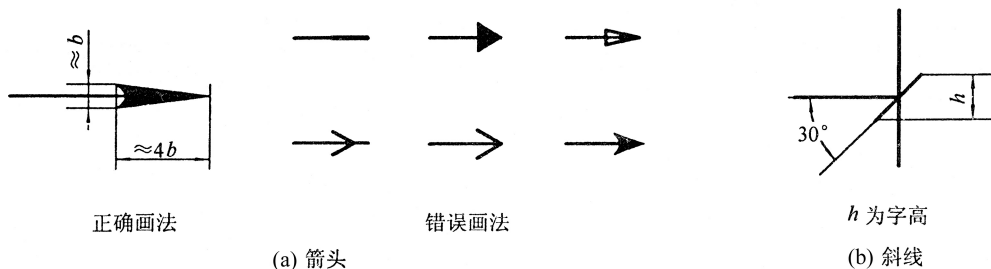


图 1-13 尺寸线的终端形式

在同一张图样中只能采用一种尺寸线终端形式。工程上较多地使用箭头这种形式,因此,我们也要求大家采用箭头。尺寸箭头应画成如图 1-13(a) 所示的一个以尺寸线为对称轴的狭长等腰三角形,其尾部向内成弧形,长约  $4b$ ,宽约  $b$  ( $b$  为粗实线线宽)。箭头尖端应指到尺寸界线上,不应超出或不到尺寸界线。同一图样中的箭头大小应一致。

(3) 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。在同一图样上,数字的注法应一致。注写线性尺寸数字时,如尺寸线为水平方向时,尺寸数字规定由左向右书写,字头向上;如尺寸线为竖直方向时,尺寸数字由下向上书写,字头朝左;在倾斜的尺寸线上注写尺寸数字时,必须使字头方向有向上的趋势。线性尺寸、角度尺寸、圆、圆弧、小尺寸等尺寸的注法见表 1.4。

表 1-4 常见尺寸标注

标注内容	图 例	说 明
线性尺寸的数值方向		<p>尺寸数字应按左图中的方向注写,并尽量避免在 30° 范围内标注尺寸;当无法避免时,可按例图标注</p>
角 度		<p>角度的数字一律写成水平方向,一般注写在尺寸线的中断处。必要时可写在上方或外面,也可引出标注</p>
圆和圆弧		<p>直径、半径的尺寸数字前应分别加符号“<math>\phi</math>”、“<math>R</math>”。尺寸线应按图例绘制</p>
大圆弧		<p>无法标出圆心位置时,可按图例标注</p>
小尺寸和小圆弧		<p>在没有足够的位置画箭头或写数字时,可按图例形式标注</p>
球 面		<p>应在“<math>\phi</math>”或“<math>R</math>”前加注符号“<math>S</math>”。对于螺钉、铆钉的头部、轴(包括螺杆)端部,以及手柄的端部等,在不引起误解的情况下,可省略符号“<math>S</math>”</p>

平面图形尺寸标注的正误对比如图 1-14 所示。

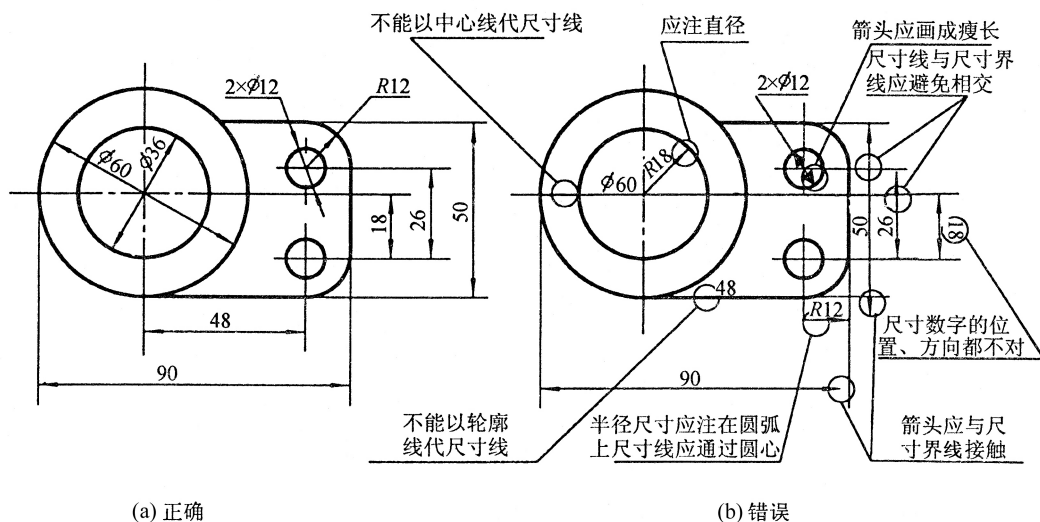


图 1-14 平面图形尺寸标注的正误对比

## § 1.2 绘图工具和仪器的使用

正确使用绘图工具对提高绘图的准确性和效率起着十分重要的作用。因此,应对绘图工具的用途有所了解,并熟练掌握它们的使用方法。常用的绘图工具和仪器有图板、丁字尺、三角板、圆规、分规、比例尺、直线笔、曲线板等,还有各种高效率的绘图机。

### 1.2.1 图板、丁字尺、三角板

图板用来铺放和固定图纸,要求表面平坦、光洁,左边作为导边,必须平直。图纸用胶带纸固定在图板的适当位置。

丁字尺由尺身和尺头两部分组成。用丁字尺画水平线时,必须将尺头紧靠图板导边做上下移动,右手执笔,沿尺身工作边自左向右画线。

一副三角板由  $45^\circ$ 、 $30^\circ$  和  $60^\circ$  三角板各一块组成。三角板与丁字尺配合使用,可画  $15^\circ$  整倍数的各种角度线。

丁字尺、图板和三角板的用法见图 1-15,图中的箭头方向为运笔方向。

### 1.2.2 分规和圆规

分规是用来量取线段和等分线段的工具。分规两腿端部有钢针,两腿合拢时,两针尖应合为一点。图 1-16(a) 为用分规截取等长线段的方法。图 1-16(b) 表示用试分法等分线段的过程。例如将线段三等分,先目测估计使两针尖距离大致为线段  $AB$  的  $1/3$ ,然后在线段  $AB$  上试分,如果第三个试分点  $K$  在线段  $AB$  内(或外),这时应将针尖距离增加(或减少)  $BK/3$ ,再进行试分,这样经过几次试分,即可较为准确地三等分线段  $AB$ 。

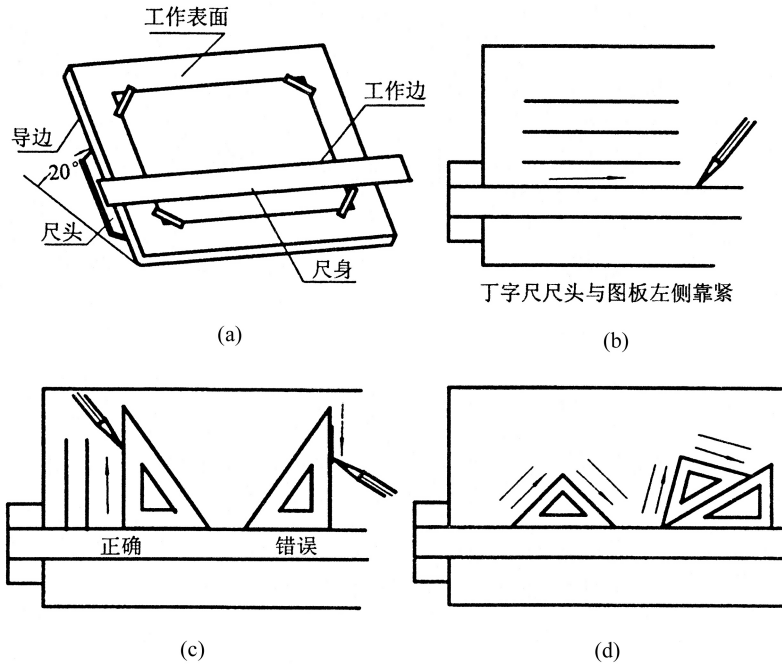


图 1-15 丁字尺、图板、三角板的使用方法

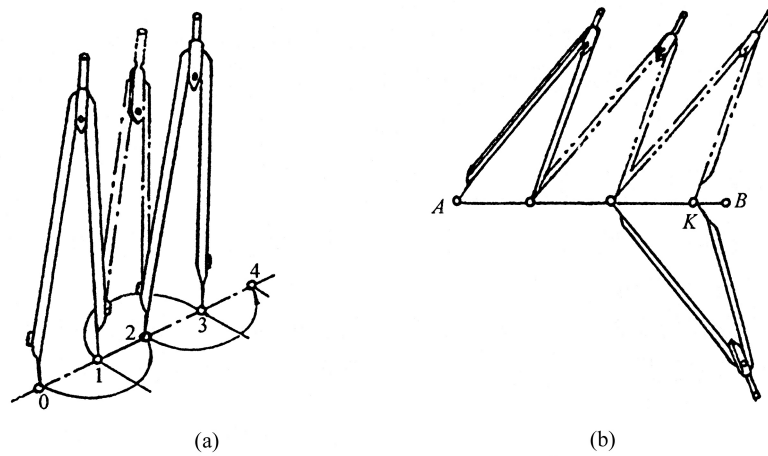


图 1-16 分规的使用方法

圆规主要用来画圆或圆弧。常用的大圆规如图 1-17(a)、(b)所示,其一腿装有活动钢针,另一腿装有肘形关节,可装铅笔插腿或鸭嘴笔插腿等,用来画铅笔或墨线图。装上钢针插腿又可作分规使用。要注意活动钢针的形状,如图 1-17(c)所示,画图时要用有台阶这端针尖扎向圆心,可防止画图时圆心扩大造成误差,圆规铅芯的尖端应与钢针台阶基本平齐,以使作图准确。

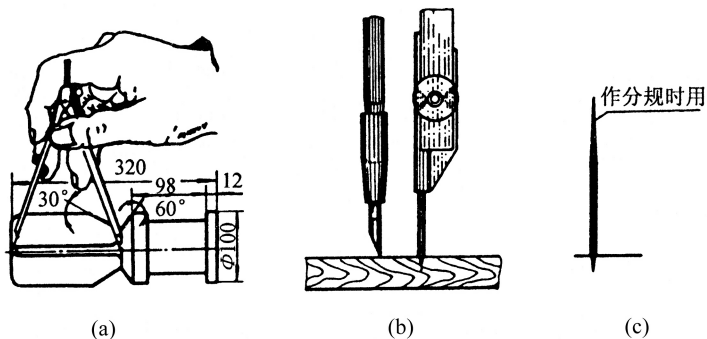


图 1-17 圆规的使用

画圆时一般按顺时针方向旋转,且使圆规向运动方向稍微倾斜,如图 1-18(a)所示。通常将圆规针尖和插腿调整到与纸面垂直,如图 1-18(b)所示。

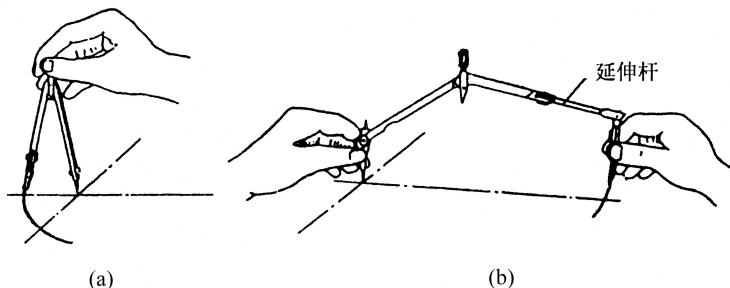


图 1-18 圆规的使用方法

### 1.2.3 铅笔

根据绘图需要,可选择不同软硬程度的铅笔。常用的型号为 2H、H、HB、B、2B。H 表示硬度,H 前数字越大,铅芯越硬;B 表示软度,B 前数字越大,铅芯越软;HB 软硬适中。其选用推荐如下:打底稿用 H、2H;加深直线用 HB、B;加深圆用 B、2B;写字用 HB。

铅笔的铅芯一般用砂纸磨成所需的形状,画底稿和写字时,应磨成锥形;加深粗实线时,应磨成矩形,如图 1-19 所示。

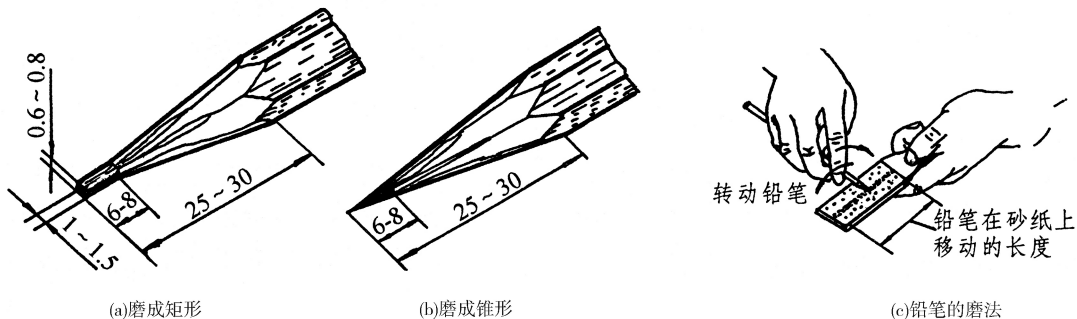


图 1-19 铅笔的削法