

画法几何及工程制图

主 编	杨欣欣	许国玉	刘志强
副主编	吴艳红	吕金丽	
主 审	戴富美	李广君	

哈尔滨工程大学出版社

内 容 提 要

本书共 13 章,内容包括:制图的基本知识和基本技能,投影法及点、直线、平面的投影,直线与平面、平面与平面的相对位置关系,投影变换,曲线与曲面,立体的投影及表面交线,组合体的视图及构型设计,轴测投影,机件的常用表达方法,标准件和常用件,零件图和装配图的绘制与阅读,公差与配合等有关技术要求。本书中涉及到的国家标准均系最新的国家标准。

与本书配套的《画法几何及工程制图习题集》也同时出版。

本书可作为高等工科院校机械类、近机类专业学习工程制图的教材,也可供其他专业及工程技术人员使用或参考。

画法几何及工程制图

主编 杨欣欣 许国玉 刘志强

责任编辑 肖锦清

*

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨市南通大街145号 哈工程大学11号楼

新华书店经销

东北农业大学印刷厂印刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 21.375 字数 507 千字

2000 年 7 月第 1 版 2000 年 7 月第 1 次印刷

印数:1~4000 册

ISBN 7-81073-053-3

TH·5 定价:25.00 元

前 言

本书根据高等学校工科制图课程教学指导委员会制订的《画法几何及工程制图课程教学基本要求》的精神,以及新世纪对人才素质的要求,结合多年来的教学经验编写的。本书除绪论外,共有十三章及书后附录,另有《画法几何及工程制图习题集》与本教材配套使用。适合机类、近机类专业使用。

在编写过程中,借鉴了兄弟院校的先进经验,尤其是总结了近几年来课程教学改革的实践。尽力做到概念清楚,语言简炼,插图适当清晰。本书具有如下特点:

(1)注重基础知识。投影理论是全书的基础和主体。投影法是绘制几何形体、零部件图的理论基础,构成了全书的主体和核心,体现了机械制图与画法几何的内在联系。

(2)加强了工程图学构型设计。有关构型设计的理论、原则、方法等内容,重点结合平面图形、基本立体和组合体、零件图、装配图等章节介绍,构型设计的训练贯彻全课程,构型设计有利于培养学生的空间思维和创造能力,吸引和调动学生的兴趣和学习积极性,使教学深化。

(3)采用最新国标。全书采用了国家标准局颁布的《机械制图》有关最新标准,按照课程内容的需要,选择并分别编排在正文或附录中,以树立贯彻最新国标的意识和培养学生查阅国标的能力。

参加本书编写工作的有:杨欣欣、许国玉、刘志强(主编);吴艳红、吕金丽(副主编);戴富美、李广君(主审);王钢、张生坦、姜淑梅、曹永智、饶意忠等同志。吴艳红同志担任本书插图的润饰工作。刘双林同志对本书部分章节进行了审阅,提出了宝贵意见,在此表示感谢。

由于编者水平所限,书中难免存在许多错误,竭诚欢迎读者批评指正。

编者

2000.7

1 制图基本知识和技能

机械图样是现代化工业生产中的主要技术文件之一,是表达设计思想、进行技术交流的共同语言。为了便于生产和技术交流,必须对图样的格式、表达方法、符号等建立统一的规定,供生产、设计部门使用。

在学习机械制图的过程中,必须重视制图基本技能的训练,正确使用制图工具和绘图仪器,掌握基本的绘图方法,培养耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度。

本章叙述国家标准《技术制图与机械制图》中的一般规定,扼要介绍一些基本的绘图方法。

1.1 国家标准《技术制图与机械制图》摘录

国家标准《技术制图与机械制图》是我国颁布的一项重要技术标准,它统一规定了生产和设计部门必须共同遵守的制图规定,本节简要介绍其中有关图纸幅面、标题栏、比例、字体、图线、尺寸注法等内容。

1.1.1 图纸幅面和格式(GB/T14689-93)*

1. 标准图幅

绘制图样时,应优先选用表 1-1 中规定的基本幅面尺寸,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的,如图 1-1 所示。图中粗实线为基本幅面,细实线和虚线都为加长幅面,其优先级别为基本幅面,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。

表 1-1 基本幅面尺寸					单位:mm
幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
e	20		10		
c	10			5	
a	25				

图纸幅面可横放或竖放,如图 1-1 所示。

2. 图框格式

* GB 是国家标准的缩写,T 为推荐标准,14689 为该标准的编号,93 表示该标准是 1993 年发布的。

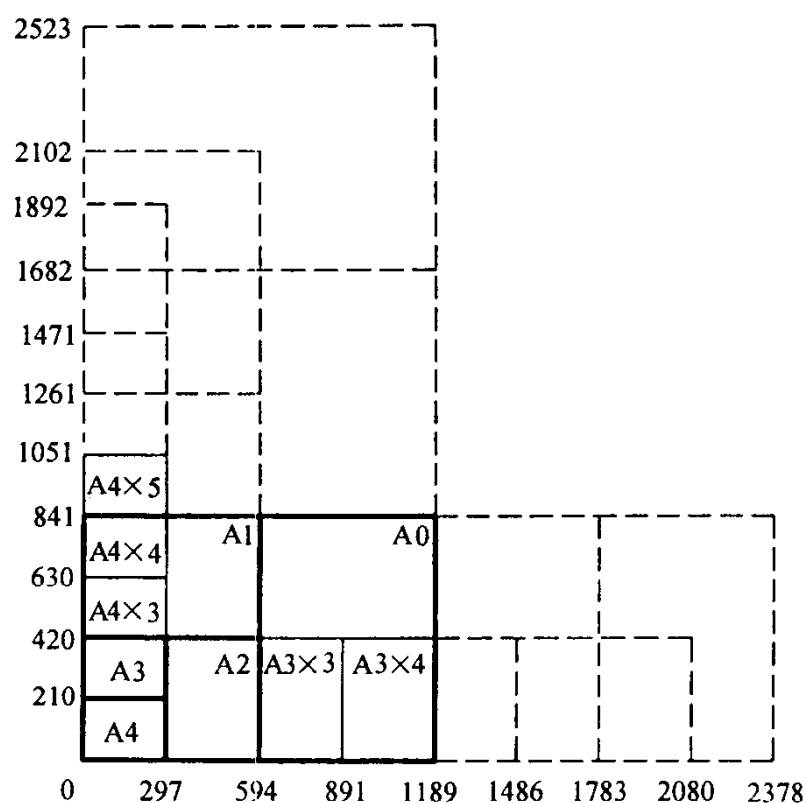


图 1-1 图纸幅面

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,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,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 $A2 \times 3$ 的图框尺寸,按 $A1$ 的图框尺寸确定,即 e 为 20(或 c 为 10),而 $A3 \times 4$ 的图框尺寸,按 $A2$ 的图框尺寸确定,即 e 为 10(或 c 为 10)。

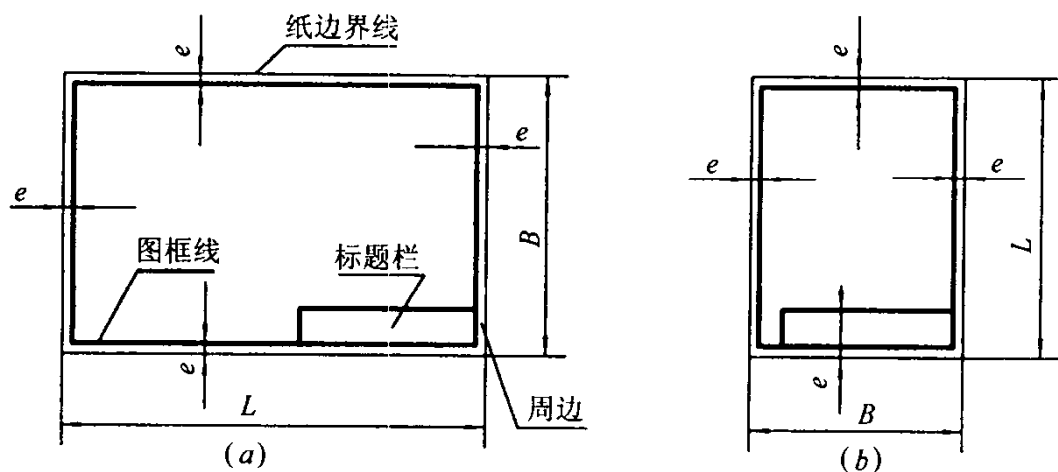


图 1-2 不留装订边的图样的图框格式

3. 标题栏(GB10609.1-89)

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。

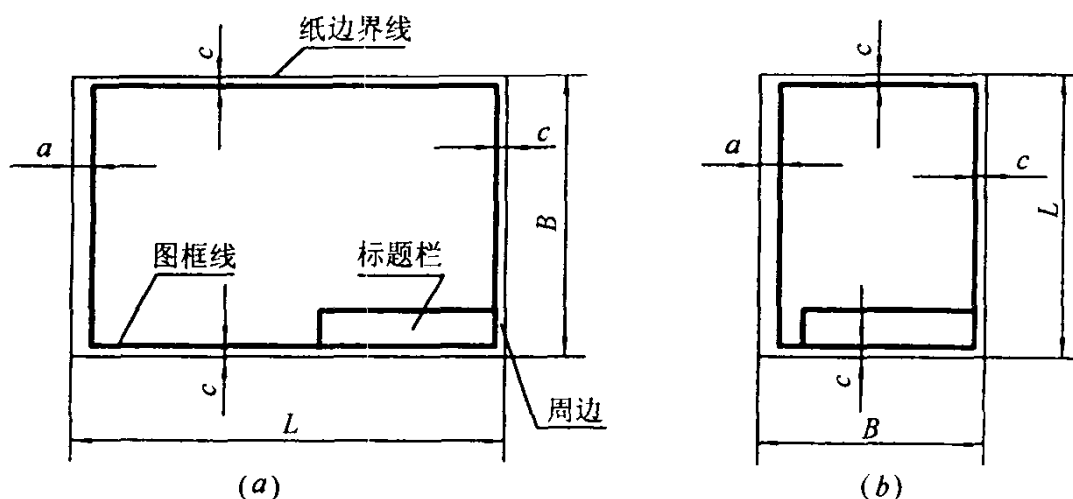


图 1-3 留装订边的图样的图框格式

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)。看图的方向与标题栏的文字方向一致。

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(GB10609.1-89)中推荐的标题栏格式如图 1-4 所示。学生在制图作业中常用简化的标题栏格式。

180												
10	10	16	16	12	16							
8×7(=56)	7						(材料标记) 4×6.5(=26) 12 12			(单位名称)		
	标记	处数	分区	更改文件号	签名	年、月、日				(图样名称)		
	设计	(签名)	(年月日)	标准化	(签名)	(年月日)	阶段标记		重量			比例
	审核								6.5			(图样代号)
工艺			批准			共 张 第 张			(9)			
	12	12	16	12	12	16	50					
										181		

图 1-4 国标中推荐的标题栏

为了便于复制、缩放、折叠、裁剪等,国家标准还规定了一系列的附加符号,如对中符号、方向符号、剪切符号等,这些在使用时可参阅国标 GB/T14689-93。

1.1.2 比例(GB/T14690-93)

比例是指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如表 1-2 所示。

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

注: n 为零或正整数。

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

1.1.3 字体(GB/T14691-93)

在工程图样中,除了表示机件的形状的图形外,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、笔划清楚、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、20mm。

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。汉字的高度 h 不应小于 3.5mm,其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

长仿宋体的主要特点是笔划细直清楚,字体结构均匀。其笔划特点是横平竖直,粗细一致,撇挑锋利,勾拐有棱,起落有顿,适于用硬笔尖(钢笔和铅笔)一笔写成。长仿宋体的基本笔划及运笔方法如表 1-3 所示。汉字示例如图 1-5 所示。

字母和数字分 A 型和 B 型。A 型字体的笔划宽度(d)为字高(h)的十四分之一。B 型字体笔划宽度(d)为字高(h)的十分之一。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° 。A 型斜体字母、数字示例如图 1-6 所示。

表1-3 长仿宋字基本笔画、运笔方法与字例

基本笔画	点	横	竖	撇	捺	挑	勾	折
形状	丶	一	丨	丿	㇏	㇀	乛	𠃍
写法	丶	一	丨	丿	㇏	㇀	乛	𠃍
字例	点 溢	王	中	厂 千	分 建	均	才 戈	国 出

字体端正 笔划清楚 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

A B C D E F G H I J K L M N O P
a b c d e f g h i j k l m n o p
I II III IV V VI VII VIII IX X
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

图 1-6 A 型斜体字母、数字示例

汉字、拉丁字母、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/T14691-93 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。

$7^{\circ} \begin{smallmatrix} +1^{\circ} \\ -2^{\circ} \end{smallmatrix}$ $5m/kg$ $460r/min$
 $10Js5(- \begin{smallmatrix} + \\ - \end{smallmatrix} 0.003)$ $M24-6h$ 5%
 $\phi 25$ $\frac{H6}{m5}$ $\frac{II}{2:1}$ $\frac{A \text{ 向旋转}}{5:1}$ $\frac{6.3}{\nabla}$

图 1-7 字体组合示例

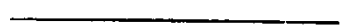
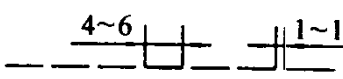
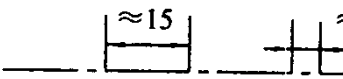
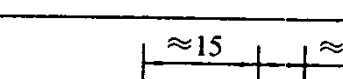
1.1.4 图线及其画法(GB4457.4-84)

绘制图样时,应采用表 1-4 中规定的图线。表 1-4 及图 1-8 列出了各种型式图线的主要用途,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 $0.5 \sim 2mm$ 之间选择,细线的宽度约为 $b/3$ 。

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

表 1-4 图线的型式、宽度和主要作用

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

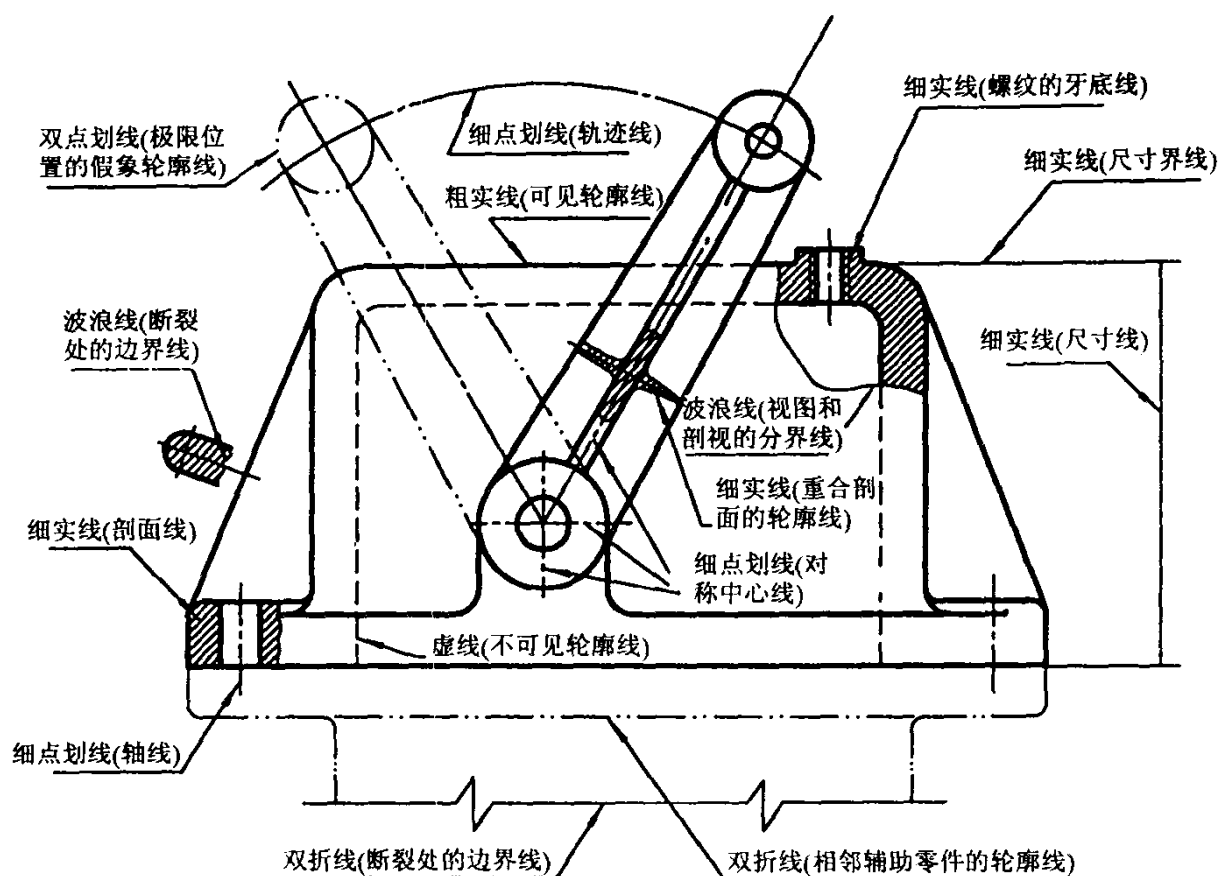


图 1-8 图线应用举例

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短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两倍宽度。其最小距离不得小于 0.7mm。
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 2~5mm。
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

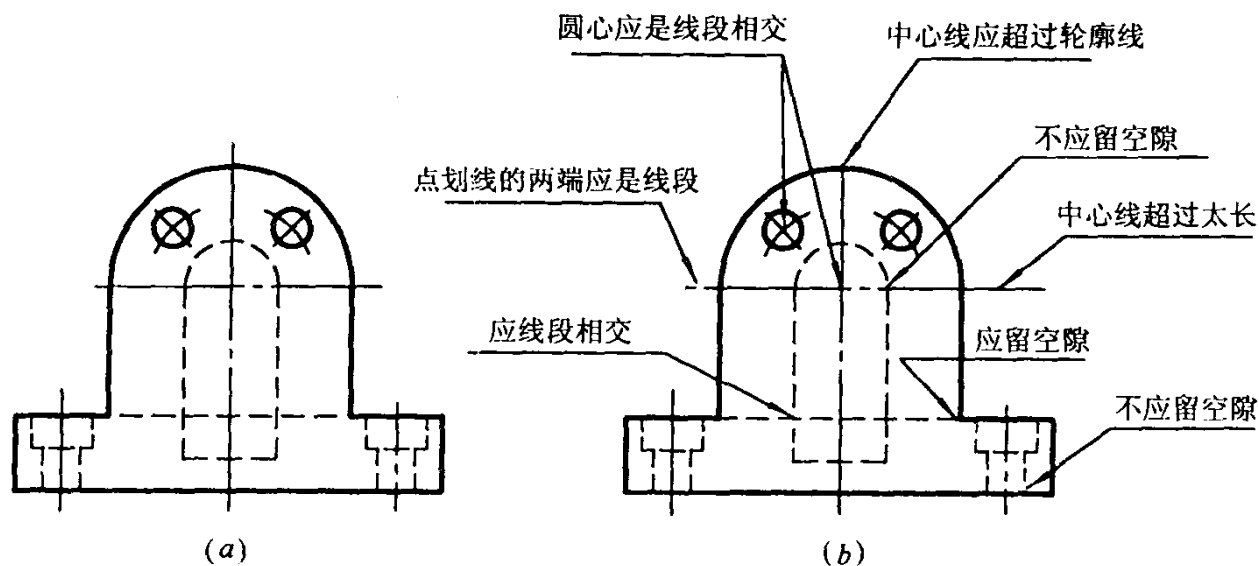


图 1-9 图线应用时容易出错的地方

划线有困难时,可用细实线代替。

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,其连接处应留空隙。

1.1.5 尺寸注法(GB4458.4-84)

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,与图样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,否则应另行说明。

(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个部分组成。如图 1-10 所示。

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

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。

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,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

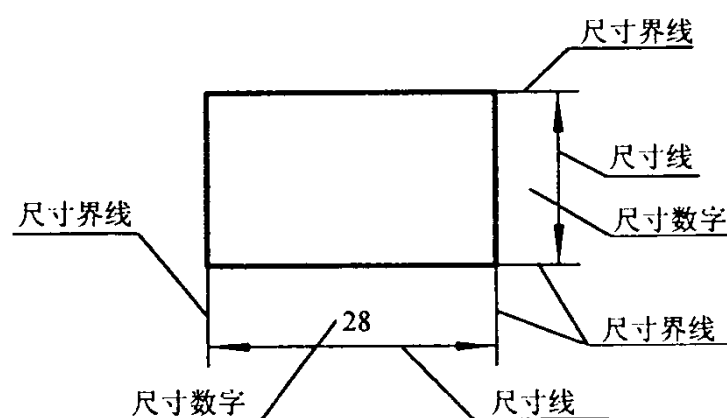


图 1-10 尺寸的三要素

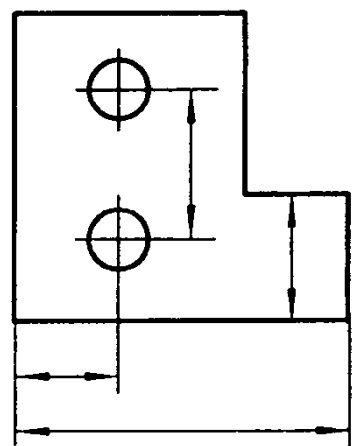


图 1-11 尺寸界线的引出

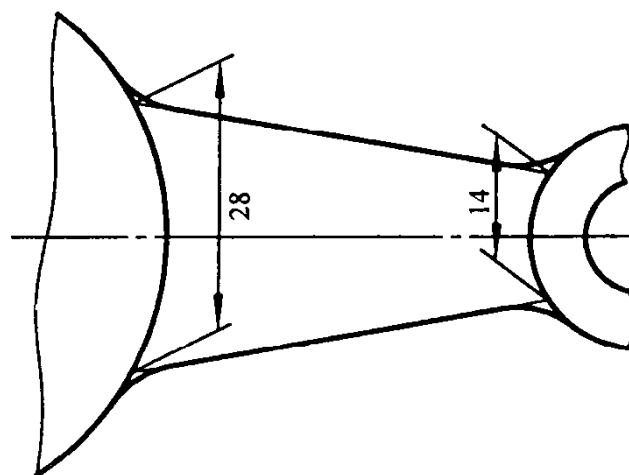


图 1-12 尺寸界线的特殊画法

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。

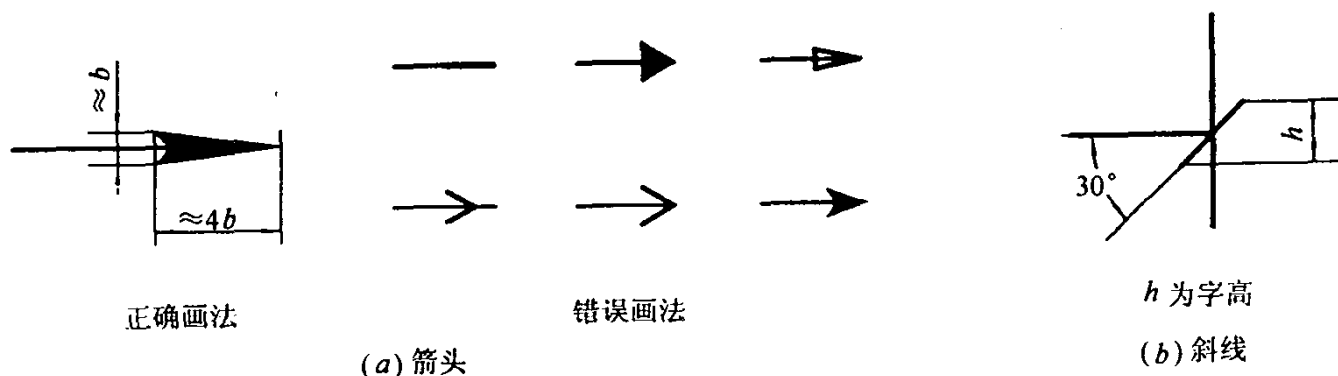


图 1-13 尺寸线的终端形式

在同一张图样中只能采用一种尺寸线终端形式。工程上较多的使用箭头这种形式,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。箭头若与轮廓线相交时,应将轮廓线段断开来画,见图 1-14(a)右图。图 1-14(a)(b)为小尺寸箭头的画法。

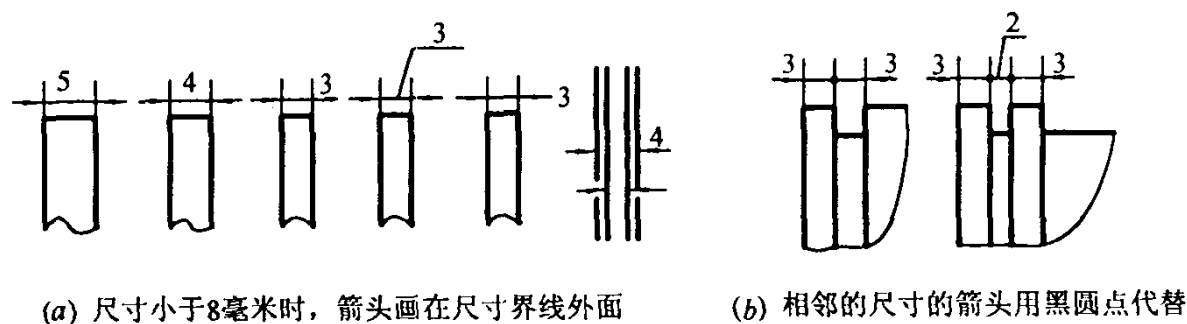


图 1-14 小尺寸箭头的画法

3. 尺寸数字

线性尺寸的数字一般应注写在尺寸线的上方(尺寸线为水平时),也允许注写在尺寸线的中断处。如图 1-15(建议尽量采用(a)的形式,因便于画线),但在同一张图中,应尽可能采用一种方法。任何图线都不能与数字相交,凡通过字体的图线要断开,见图 1-15(c)(d)。

线性尺寸数字的方向,一般应根据标题栏和尺寸线的方位不同而不同,如图 1-16(a)所示,并尽量避免在图示 30° 范围内标注尺寸,当无法避免时,可按图 1-16(b)的形式标注。

4. 角度,直径,半径等尺寸的注法。

(1) 角度尺寸的注法

角度尺寸的尺寸线用圆弧画成,圆心为该角的顶点,尺寸界线沿径向引出。角度数字一般注写在尺寸线的中断处,必要时可以写在尺寸线的上方或外面,也可以引出标注。无论角

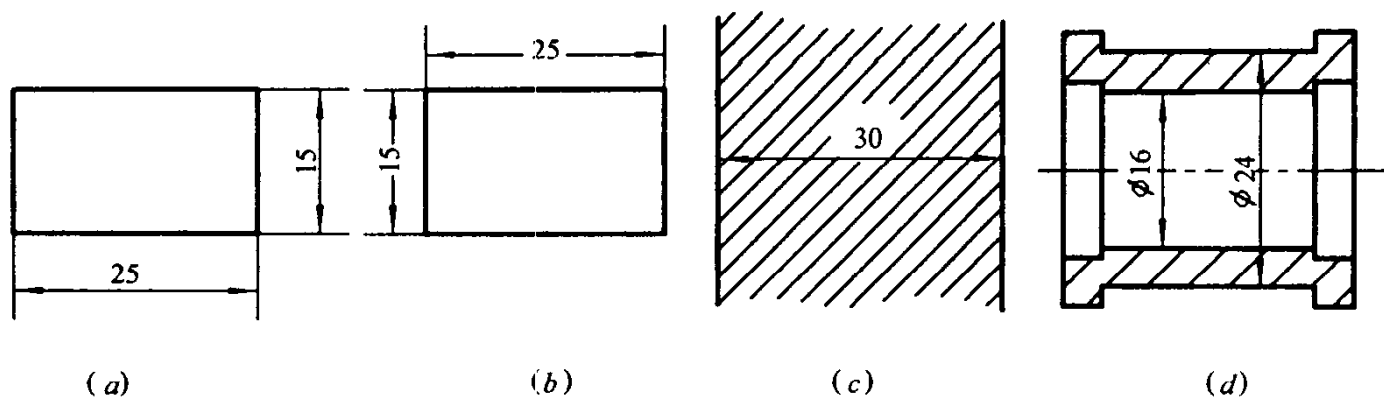


图 1-15 尺寸数字的注写法

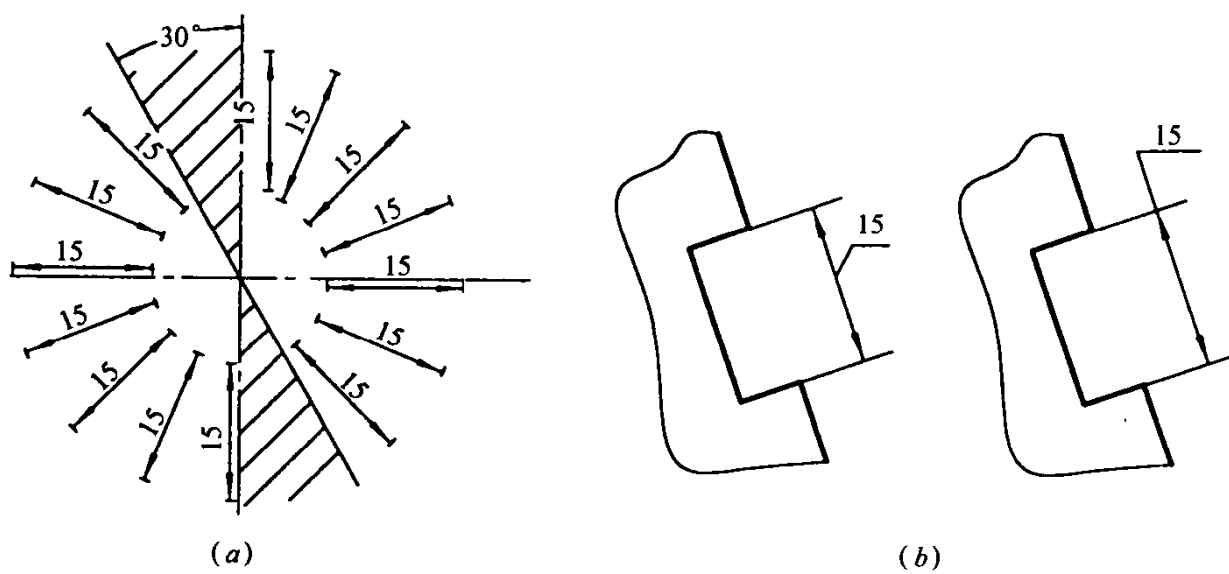


图 1-16 倾斜尺寸数字的注写法

度在什么位置上,其角度数字都一律水平书写,见图 1-17。

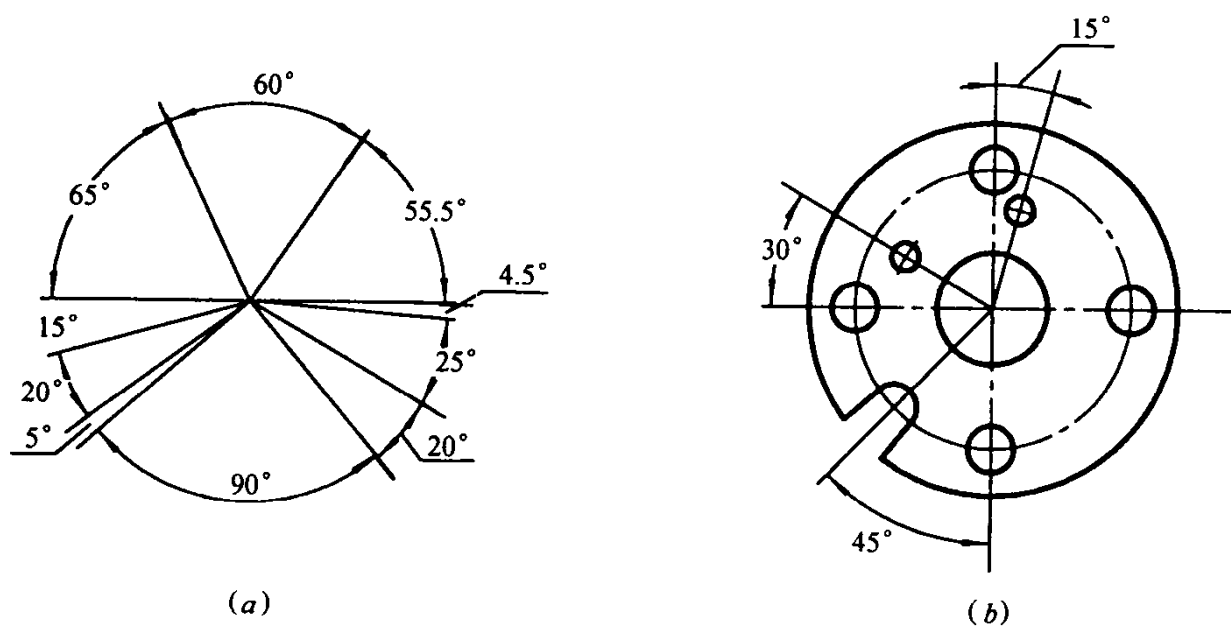


图 1-17 角度尺寸数字注写方法

(2) 直径尺寸的注法

凡是整圆或大于 180° 的圆弧都应标注其直径的尺寸(在数字前加写字母 Φ),如图 1-18(a)、(b)、(c)、(d)的注法。图 1-18(a)、(c)中的尺寸线必须通过圆心,图 1-18(b)、(d)与线性尺寸注法相同。

图 1-19 为直径等于或小于 10 毫米圆的各种尺寸注法

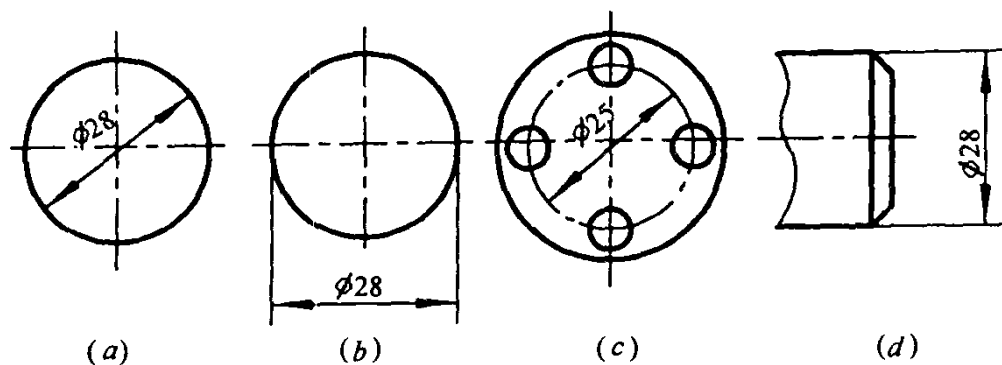


图 1-18 直径尺寸的注法

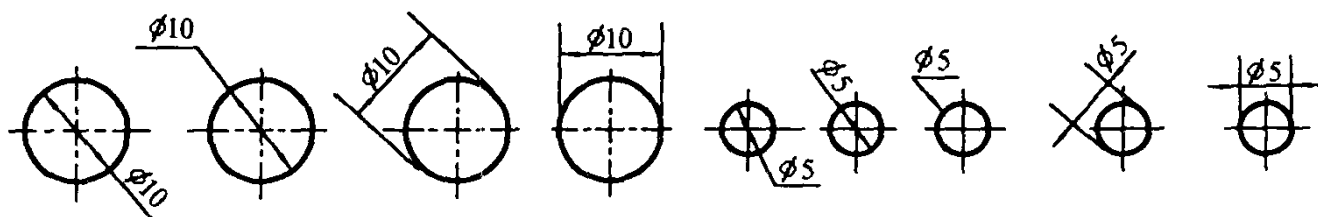


图 1-19 直径等于或小于 10 毫米圆的尺寸注法

(3) 半径的尺寸注法

小于等于 180° 圆弧都应标注半径尺寸,在尺寸数字之前加写字母 R 。与直径尺寸注法不同,尺寸线必须引到圆心,只画一个箭头指到圆弧上,而尺寸线都画成倾斜,如图 1-20 所示。

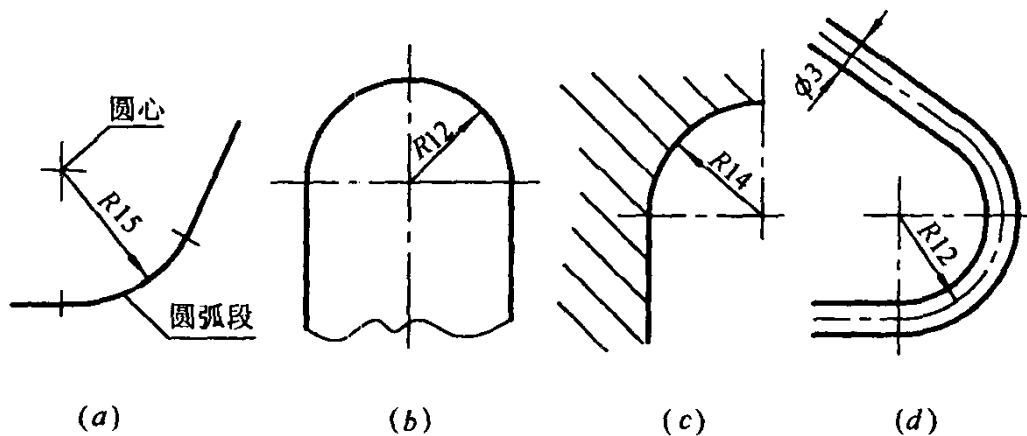
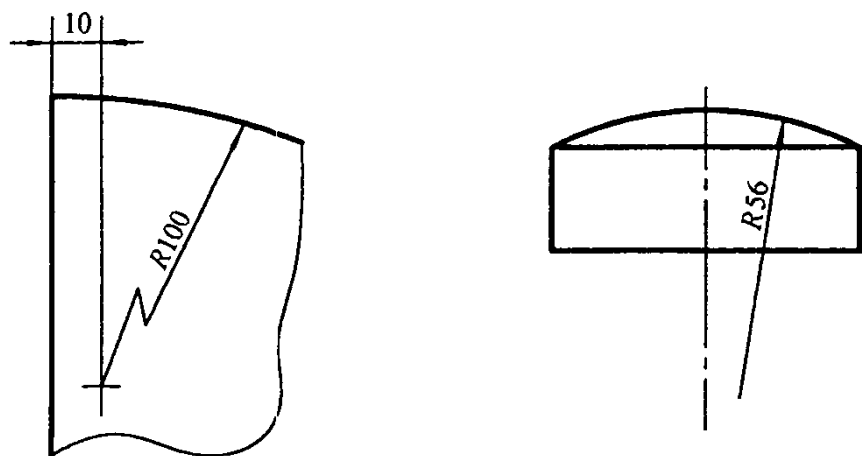


图 1-20 圆弧半径尺寸的注法

当圆弧半径过大或在图纸范围内无法标注出圆心位置时,半径尺寸可按图 1-21 形式标注。

半径小于 5 毫米时,半径尺寸可按图 1-22 方式标注。



(a) 尺寸线允许曲折一次，并引至表示圆心位置线上任一点

(b) 尺寸线指向圆心方向，不画到圆心

图 1-21 大圆弧半径尺寸的注法

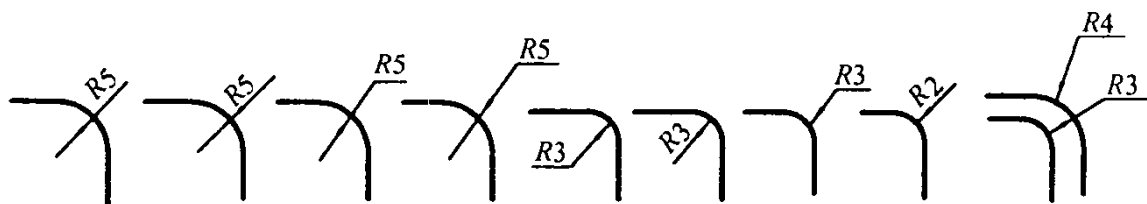


图 1-22 半径等于或小于 5 毫米的尺寸注法

(4) 球面直径, 半径的注法

标注球面的直径或半径时, 应在符号中 Φ 或 R 前加注符号 S , 如图 1-23(a)(b) 所示, 在不致引起误解时, 允许省略 S , 如图 1-23(c)。

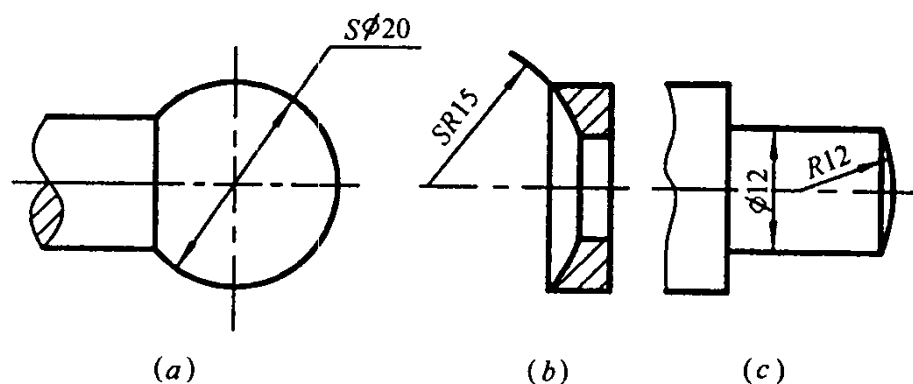


图 1-23 球面直径与半径的注法

(5) 板类零件厚度的标注

标注板类零件的厚度时, 可在尺寸数字前加注符号 δ , 如图 1-24 所示。

标注尺寸时, 必须符合上述的各项规定, 图 1-25 为一个平面图形的尺寸标注的正误对比。

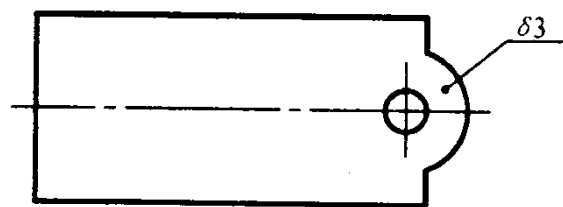


图 1-24 板类零件厚度的注法

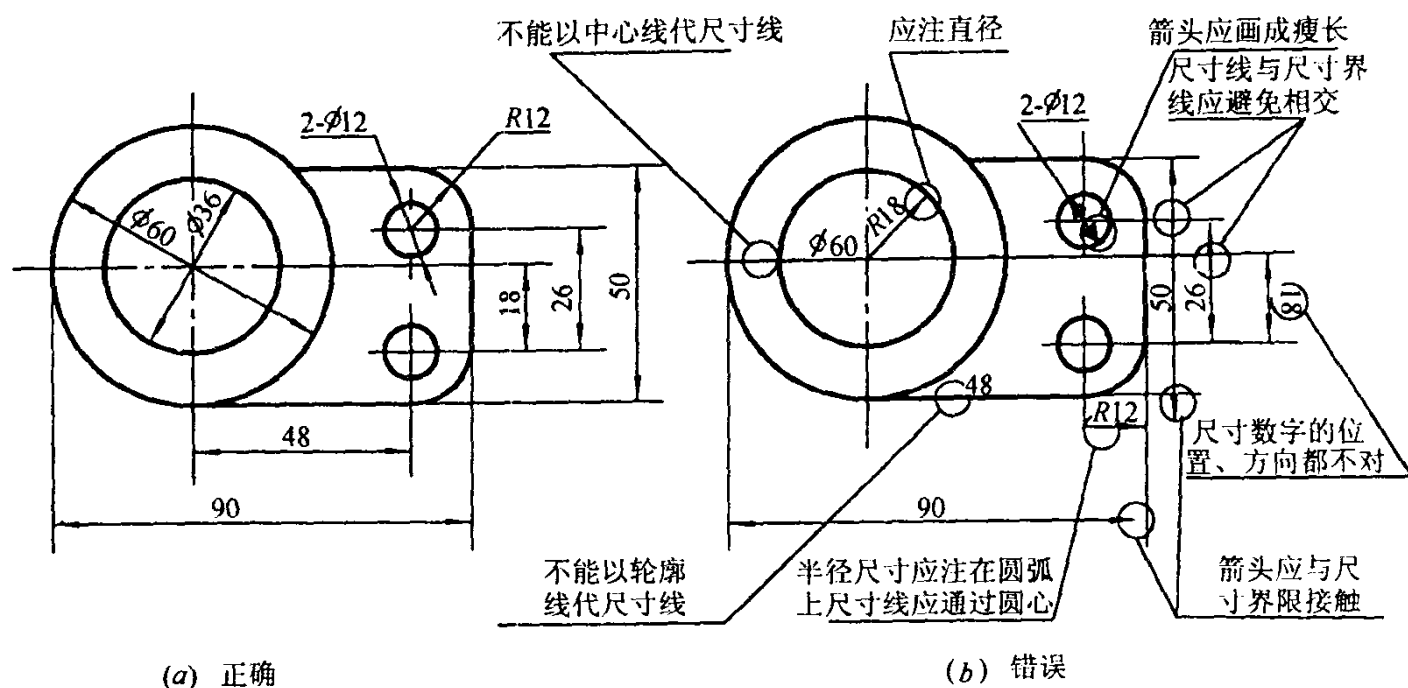


图 1-25 平面图形尺寸标注的正误对比

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,沿尺身工作边向右画线。三角板与丁字尺配合使用,可画 15° 整倍数的各种角度线。

丁字尺,图板,三角板的用法见图 1-26,图中的箭头方向为运笔方向。

1.2.2 圆规和分规

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 1-27(a)为用分规截取等长线段的方法。图 1-27(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 AB 的 $1/3$,然后在 AB 上试分,如果第三个试分点 K 在 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 。

圆规主要用来画圆或圆弧,常用的大圆规如图 1-28(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

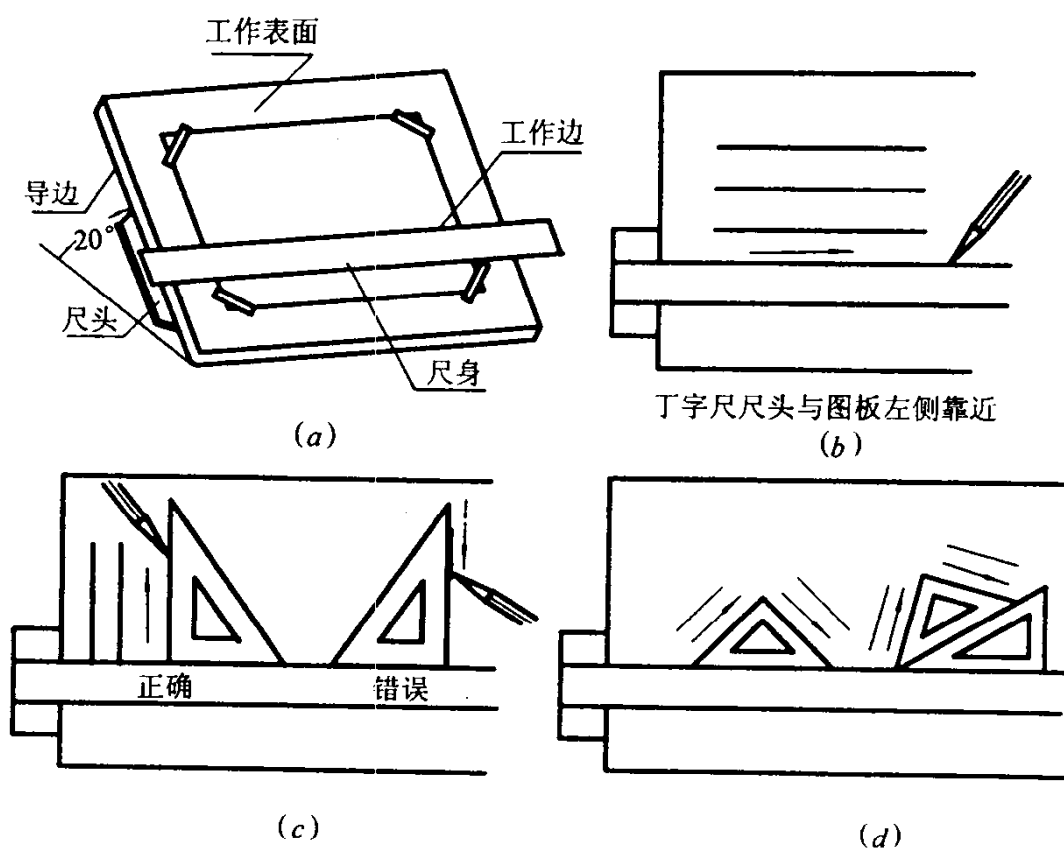


图 1-26 丁字尺、图板、三角板的使用方法

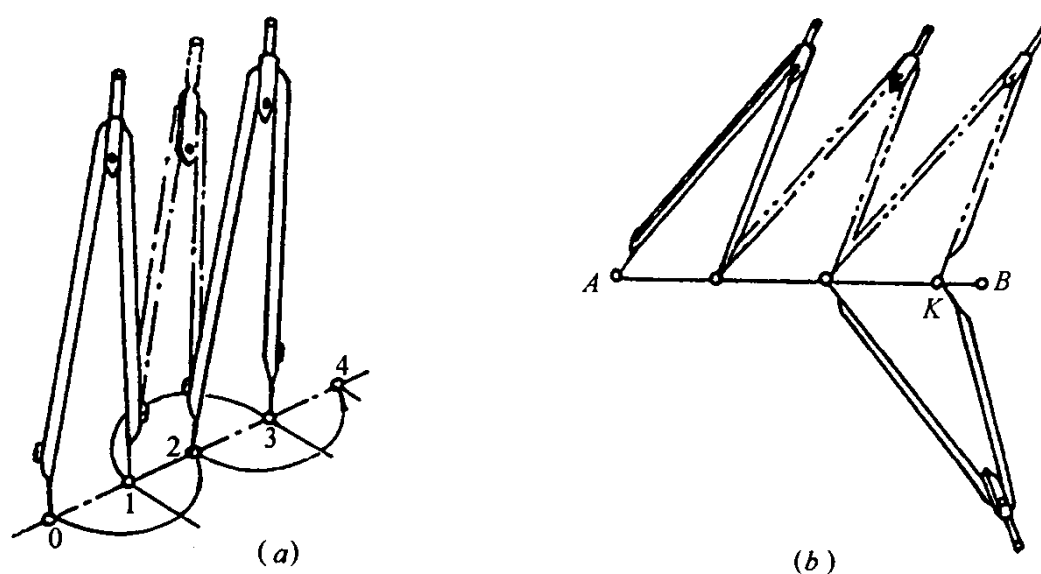


图 1-27 分规的使用方法

插腿又可作分规使用。要注意活动钢针的形状,如图 1-28(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。

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 1-29(a)所示,通常将圆规针尖和插腿调整到与纸面垂直,如图 1-29(b)所示。