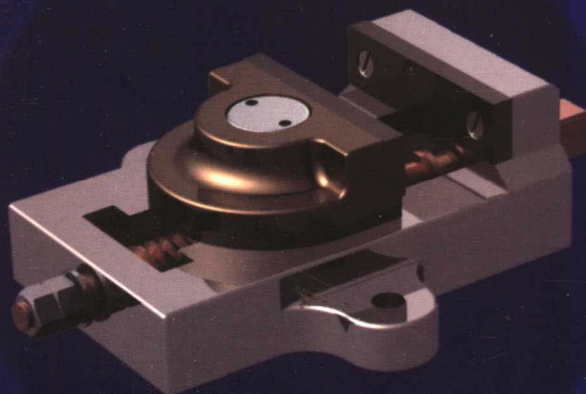


高等学校教材

画法几何及机械制图

HUAFAJIHEJIJIXIEZHITU HUAFAJIHEJIJIXIEZHITU



主编 李 平 张景田
季雅娟 石加联

哈尔滨工业大学出版社

画法几何及机械制图

主编 李 平 张景田
季雅娟 石加联

哈尔滨工业大学出版社
·哈尔滨·

前 言

本书是根据教育部制订的高等学校工科本科“画法几何及机械制图课程教学基本要求”和最新颁布的有关国家标准,总结多年来教学改革成果,吸取兄弟院校许多教材的优点编写而成。

全书共分13章及附录。主要内容有正投影的基础知识、立体的投影、组合体、轴测图、表示机件的图样画法、标准件与常用件、零件图、零件图的技术要求及装配图。书中突出地反映了现代科学技术的新内容、新知识,将画法几何及机械制图同计算机绘图实例融为一体,既保证本课程在内容上的完整性和先进性,又有利于现代化教学手段与方法的采用。

本书主要有以下特点:

1.精选了画法几何部分内容,调整深度,降低了点、线、面综合问题和立体表面交线的求画难度,使内容更加紧凑。

2.加强了组合体内容,增加了各种典型图例的分析,以加强培养学生对三维形状与相关位置的空间逻辑思维能力和形象思维能力。

3.制图与设计紧密结合,零、部件结构介绍与构形设计紧密结合,以适应机械CAD对本课程的要求。

4.注重徒手绘制草图的方法与技能的训练,为学生在今后的工作中构思设计和创意设计打下坚实的基础。

5.将AutoCAD绘图与传统机械制图内容完全融为一体,把众多的AutoCAD命令灵活运用到制图各单元之中,每一章节后都有AutoCAD绘图实例,深入浅出地讲授AutoCAD的基本概念和绘制各种图形的方法与技巧。

6.本教材内容科学准确,文字精练,逻辑性强。插图全部由计算机生成,平面图形准确清晰,立体图形形象逼真,具有时代感,为制作电子教材打下基础。

书中内容全部采用我国最新颁布的《技术制图与机械制图》国家标准及与制图有关的其他标准。

本书的编写分工为:第1章(1.1~1.5)、第2章(2.3)、第8章(8.1~8.5)由季雅娟编写,第2章(2.1、2.2)、第5章(5.1、5.2)、第11章(11.6、11.7)由王全福编写,第7章、第10章(10.1~10.6)由陈新编写,第6章(6.1~6.3)、第11章(11.1~11.5)、附录一、附录二由王春义编写,第12章和部分章节(9.4、10.7、12.9、13.8)、附录三、附录四由张景田编写,第1章(1.6)、第2章(2.4)、第8章(8.4)由石加联编写,前言、绪论、第3章、第4章、第9章(9.1~9.3)、第13章(13.1~13.7)由李平编写。本书由李平、张景田、季雅娟、石加联任主编,王春义、陈新、王全福任副主编。王树胜任主审。封面由柳雨红设计。

该书与同时出版的《画法几何及机械制图习题集》配套使用。本套教材可供高等院校机械类、近机类本科学生学习,也可作为其他专业教师、学生及工程技术人员参考。

在本套教材的编写过程中,参考了部分同类的教材、习题集等(见书后的参考文献),在此谨向相关图书的作者表示谢意。

由于编者水平有限,书中的疏漏之处在所难免,恳请使用本书的广大师生和读者批评指正,在此谨先表示感谢。

编 者

2005.5

目 录

绪论	(1)
第1章 机械制图基本知识和技能	(2)
1.1 国家标准《机械制图》的若干规定	(2)
1.2 绘图工具简介	(10)
1.3 几何作图	(13)
1.4 平面图形分析及画法	(17)
1.5 绘图的方法与步骤	(19)
1.6 用 AutoCAD 绘制平面图形	(21)
第2章 点、直线、平面的投影	(26)
2.1 投影法知识	(26)
2.2 点的投影	(28)
2.3 直线的投影	(33)
2.4 平面的投影	(45)
第3章 直线与平面、两平面的相对位置	(53)
3.1 直线与平面平行、两平面平行	(53)
3.2 直线与平面相交、两平面相交	(55)
3.3 直线与平面垂直、两平面垂直	(59)
3.4 综合应用	(61)
第4章 投影变换	(64)
第5章 曲线和曲面	(71)
5.1 曲线	(71)
5.2 曲面	(74)
第6章 立体的投影	(77)
6.1 平面立体的投影	(77)
6.2 曲面立体的投影	(83)
6.3 回转体	(94)
第7章 立体与立体相交	(96)
第8章 组合体	(109)
8.1 组合体的三视图	(109)
8.2 形体分析法与线面分析法	(109)
8.3 组合体三视图的画法	(114)
8.4 组合体的尺寸标注	(118)
8.5 读组合体的视图	(125)
8.6 利用 AutoCAD 绘制组合体视图	(130)

第 9 章 轴测图	(136)
9.1 基本知识	(136)
9.2 正等轴测图	(137)
9.3 斜二轴测图	(143)
9.4 利用 AutoCAD 绘制轴测图	(145)
第 10 章 机件的表达方法	(150)
10.1 视图	(150)
10.2 剖视图	(153)
10.3 断面图	(162)
10.4 其他表达方法	(165)
10.5 综合应用举例	(169)
10.6 第三角投影法简介	(171)
10.7 利用 AutoCAD 画剖视图	(172)
第 11 章 标准件及常用件	(175)
11.1 螺纹及螺纹紧固件	(175)
11.2 键	(186)
11.3 销	(189)
11.4 滚动轴承	(189)
11.5 弹簧	(191)
11.6 齿轮	(194)
11.7 焊接图	(205)
11.8 利用 AutoCAD 画常用件	(206)
第 12 章 零件图	(211)
12.1 零件图的作用和内容	(211)
12.2 零件结构分析及工艺结构简介	(212)
12.3 零件图的视图表达方法	(214)
12.4 零件图的尺寸标注	(216)
12.5 零件图的技术要求	(223)
12.6 零件测绘	(236)
12.7 典型零件图的分析	(239)
12.8 读零件图的方法	(244)
12.9 利用 AutoCAD 绘制零件图	(247)
第 13 章 装配图	(252)
13.1 装配图的作用与内容	(252)
13.2 表达机器和部件的方法	(253)
13.3 装配图中的尺寸标注和技术要求	(256)
13.4 装配图的零件序号和明细栏	(257)
13.5 装配结构的合理性	(259)
13.6 部件测绘和装配图的画法	(261)

13.7 读装配图和由装配图拆画零件图	(266)
13.8 利用 AutoCAD 拼画装配图	(271)
附录一	(277)
附录二	(279)
附录三	(290)
附录四	(291)
参考文献	(299)

绪 论

一、本课程的性质

工程技术中根据投影原理并遵照国家标准的有关规定绘制的能准确表达物体形状、尺寸及技术要求等方面内容的图,称为工程图样。用于各种机械及设备加工制造的图样,称为机械工程图样,简称机械图。它是表达设计意图、交流技术思想和指导生产的重要技术文件,被喻为工程界共同的“技术语言”。每一个工程技术人员都应该很好地掌握这种“语言”,具备绘制和阅读图样的能力。

本课程包括画法几何、机械制图及计算机绘图实例三部分。画法几何是研究用正投影的方法,图示空间几何形体及图解空间几何问题的基本原理和方法;机械制图研究如何绘制和阅读工程图样,是技术基础课;计算机绘图实例是讲授准确、快速绘制工程图样的方法及技巧。

二、本课程的教学目的和任务

本课程的教学目的是培养学生掌握绘制和阅读工程图样的基本理论和方法。主要任务是:

- (1)学习正投影的基本原理及应用。
- (2)培养空间几何问题的图示能力和图解能力。
- (3)培养对三维形体的形象思维和空间逻辑思维能力。
- (4)学习贯彻并执行《技术制图与机械制图》国家标准及有关规定,培养查阅有关标准、手册的能力。
- (5)培养绘制和阅读工程图样的能力。
- (6)学习运用尺规绘图、徒手绘图、计算机绘图的方法和技巧。
- (7)培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

三、本课程的学习方法

(1)应认真学习投影理论,运用线面分析、形体分析等各种分析方法,由浅入深地通过一系列的绘图和读图实践,经过反复地由物画图,由图想物,逐步提高空间想象和空间思维能力。

(2)应按正确的方法步骤,完成作业和练习,准确使用工程制图中的有关资料,培养绘图和读图能力。

(3)本课程是一门既有系统理论又有很强实践性的课程,学习时应做到多观察、勤思考、反复实践。鉴于图样在工程技术中的重要作用,绘图和读图的差错都会带来经济损失,所以在学习中要养成耐心细致、一丝不苟的良好习惯和严肃认真的工作作风。

第1章 机械制图基本知识和技能

本章重点介绍国家标准《机械制图》的若干规定、绘图工具的使用方法、几何作图、平面图形的尺寸分析、绘图步骤等。

1.1 国家标准《机械制图》的若干规定

技术图样是工程技术界的语言,是表达设计思想、指导生产和进行技术交流的重要工具,因此必须对图样的画法、尺寸标注等制定统一的国家标准。国家标准《机械制图》是机械工程界的基础技术标准,在绘制及阅读技术图样时必须严格遵守。

国家标准简称国标,代号为“GB”。本章仅介绍国家标准《机械制图》中的部分内容,其余常用制图标准将在后续章节中介绍。

一、图纸幅面及格式(GB/T 14689—1993)^①

1. 图纸幅面尺寸

图纸幅面是指由图纸长度和宽度组成的图面。绘制图样时,应优先采用表 1.1 中国标规定的五种图纸的尺寸,必要时可采用由基本幅面的短边成整数倍增加后的幅面。

表 1.1 基本幅面尺寸

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				

注:表中 B 、 L 、 e 、 c 、 a 如图 1.1 和 1.2 所示。

2. 图框格式

图框是指图纸上限定绘图区域的线框,图框线用粗实线。图框格式分为留装订边和不留装订边两种。但同一产品的图样只能采用一种格式。不留装订边图纸的图框格式如图 1.1 所示,一般采用 A4 幅面竖装,A3 幅面横装。留装订边图纸的图框格式如图 1.2 所示。

为使图样复制和微缩摄影时定位方便,可采用对中符号,它是从周边画入图框内约 5 mm 的一段粗实线。

3. 标题栏的方位及格式

每张图纸都应有标题栏,标题栏一般位于图纸的右下角,如图 1.1、图 1.2 所示。标题栏中的文字方向为看图方向。标题栏的格式由 GB/T 10609.1—1989 规定,一般由更改区、签

^① GB/T 表示推荐性国家标准,14689 为标准编号,1993 表示此标准于 1993 年由国家质量技术监督局批准。

字区、其他区(材料、比例、质量等)、名称及代号区(单位名称、图样名称及图样代号等)组成。标题栏的格式如图 1.3 所示。

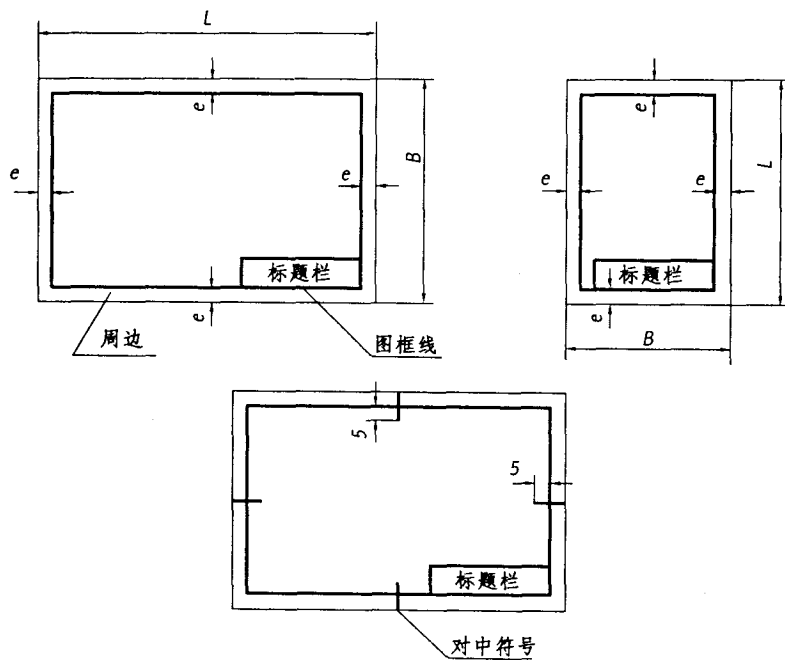


图 1.1 不留装订边图框格式

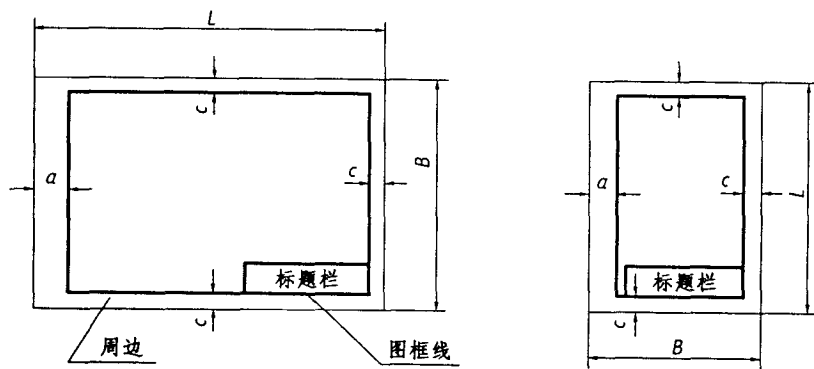


图 1.2 留装订边图框格式

二、比例(GB/T 14690—1993)

图样中图形的线性尺寸与其实物相应要素的线性尺寸之比,称为比例。表 1.2 是国家标准规定的绘图比例。为了看图方便,绘制图样时,应尽可能采用原值比例。

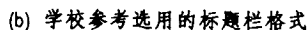
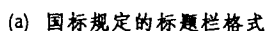


图 1.3 标题栏格式

表 1.2 比例

种类	优先选取	允许选取
原值比例	1:1	
放大比例	$5:1$ $2:1$ $5 \times 10^n:1$ $2 \times 10^n:1$ $1 \times 10^n:1$	$4:1$ $2.5:1$ $4 \times 10^n:1$ $2.5 \times 10^n:1$
缩小比例	$1:2$ $1:5$ $1:10$ $1:2 \times 10^n$ $1:5 \times 10^n$ $1:10^n$	$1:1.5$ $1:2.5$ $1:3$ $1:4$ $1:6$ $1:1.5 \times 10^n$ $1:2.5 \times 10^n$ $1:3 \times 10^n$ $1:4 \times 10^n$ $1:6 \times 10^n$

注： n 为正整数。

绘制图样时,无论采用放大还是缩小的比例,在标注尺寸时,均应按实物的实际尺寸标注。同一机件的各个视图应采用相同的比例,并在标题栏的比例一栏内写明采用的比例。

三、字体(GB/T 14691—1993)

图样中书写的汉字、数字、字母的字体必须做到:字体端正、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

字号:即字体的高度(用 h 表示),尺寸系列为 1.8, 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20 mm。如需要书写更大的字,其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。

1. 汉字

图样中书写的汉字为长仿宋体,并采用国家正式公布推行的简化字。汉字的高度 h 不应小于 3.5 mm,字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

长仿宋体的特点:横平竖直,起落有锋,结构匀称,清秀挺拔。

长仿宋体的基本笔划如下:



长仿宋体的书写示例如下:



2. 字母和数字

字母和数字分 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度 $d = h/14$ (h 为字体高度), B 型字体的笔画宽度 $d = h/10$ 。字母和数字分直体和斜体两种,常用的是斜体,斜体字字头向右倾斜,与水平成 75° 。同一张图样上只能采用一种形式的字体。

斜体拉丁字母:

A B C D E F G H I J K L M N

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

o p q r s t u v w x y z

斜体阿拉伯数字:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

斜体罗马数字:

I II III IV V VI VII VIII IX X

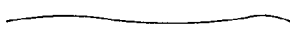
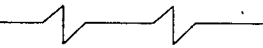
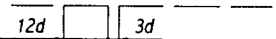
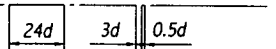
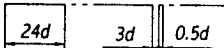
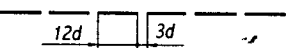
四、图线 (GB/T 4457—2002)

1. 图线型式及应用

表 1.3 给出了常用图线的名称、型式及应用举例,供绘制图样时选用。各种图线在图样上的应用,如图 1.4 所示。

图线宽度的推荐系列为 0.13, 0.18, 0.25, 0.35, 0.5, 0.7, 1.0, 1.4, 2.0 mm。粗实线的宽度 d 在 0.5~2 mm 之间,细线的宽度约为 $d/2$ 。

表 1.3 常用图线及应用

图线名称	图线型式	图线宽度	应用举例
粗实线		$d=0.5\sim 2\text{ mm}$	可见轮廓线；可见过渡线
细实线		约 $d/2$	尺寸线；尺寸界线；剖面线；引出线
波浪线		约 $d/2$	断裂处的分界线；视图和剖视的分界线
双折线		约 $d/2$	断裂处的边界线
虚线		约 $d/2$	不可见轮廓线；不可见过渡线
点画线		约 $d/2$	轴线；对称中心线；轨迹线
双点画线		约 $d/2$	相邻辅助零件的轮廓线；假想投影轮廓线；极限位置的轮廓线；成形前轮廓线
粗虚线		$d=0.5\sim 2\text{ mm}$	允许表面处理的表示线
粗点画线		$d=0.5\sim 2\text{ mm}$	限定范围表示线

注：表中除粗实线、粗虚线和粗点画线外，其他图线均为细线。

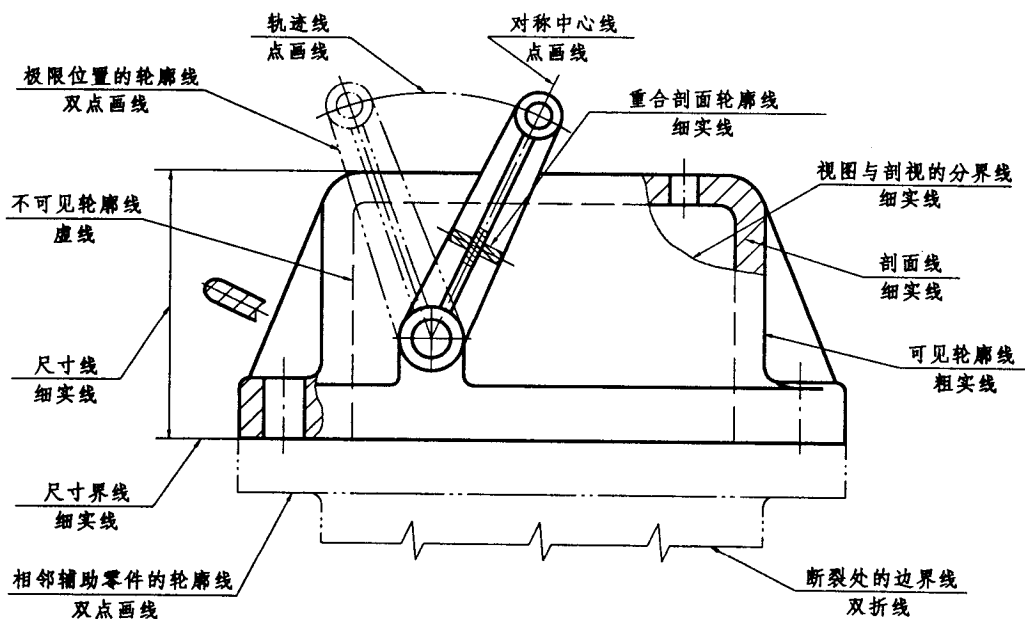


图 1.4 图线应用举例

2. 图线画法的注意事项

(1) 在同一图样中同类图线的线宽应均匀一致。虚线、点画线和双点画线的画线长度及间隔应大致相等。虚线的画线长为 $12d$, 间隔为 $3d$; 点画线的长画为 $24d$, 间隔为 $3d$, 短画为 $0.5d$ 。

(2) 点画线的首末两端应是长画而不是短画。它们彼此相交以及与其他图线相交处都应是线段相交, 且首末两端应超出轮廓线 $2 \sim 5 \text{ mm}$ 。图 1.5 是以绘制圆的对称中心线为例来说明点画线的正确画法。

(3) 当在较小的图形上绘制点画线或双点画线有困难时, 可用细实线代替, 在图 1.5 中, 小圆的中心线就是用细实线代替的。

(4) 当虚线与虚线或虚线与其他线相交时, 应以线段相交, 不应留空隙。但当虚线是粗实线的延长线(如图 1.6(a)所示)及在图 1.6(b)所示的情况下, 相接处应留出空隙。

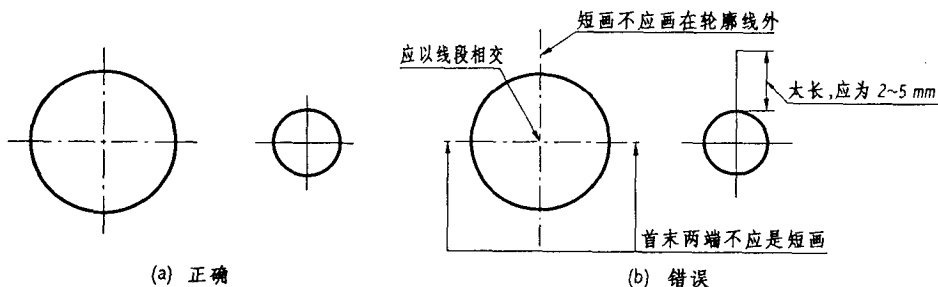


图 1.5 圆中心线的画法

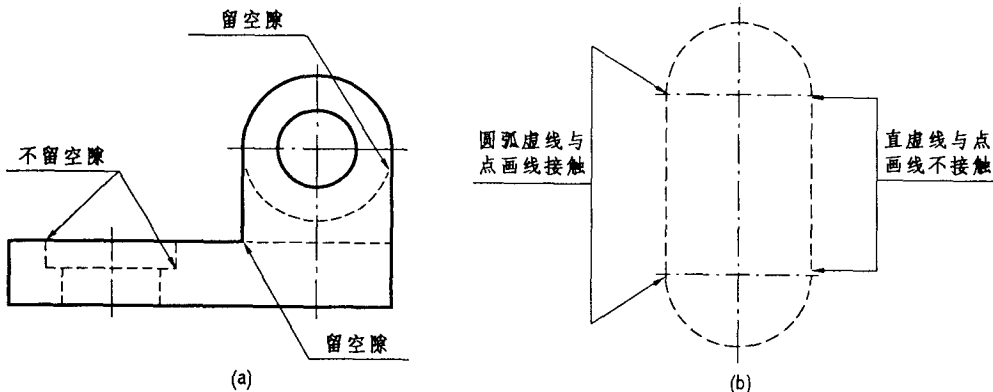


图 1.6 虚线的画法

五、尺寸注法(GB/T 4458.4—2003)

图样上的图形只能表达零件的形状, 而零件的大小必须通过标注尺寸才能确定。标注尺寸是一项极其重要的工作, 必须认真细致、一丝不苟, 要求做到正确、完整、清晰、合理。

1. 标注尺寸的基本规则

- (1) 尺寸数值应为机件的真实大小, 与绘图比例及绘图的准确度无关。
- (2) 图样中的尺寸以毫米为单位, 如采用其他单位时, 则必须标明单位名称。
- (3) 图样中所注尺寸为机件最后完工的尺寸。
- (4) 每个尺寸一般只标注一次, 并应标注在最能反映该结构形体特征的图形上。

2. 尺寸的组成要素

一个完整的尺寸应由尺寸界线、尺寸线、尺寸线终端和尺寸数字四个要素组成,如图1.7(a)所示。

(1) 尺寸界线

尺寸界线用来界定所注尺寸的范围,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,也可以用这些线代替。尺寸界线一般应与尺寸线垂直,并应超出尺寸线终端2~3 mm。

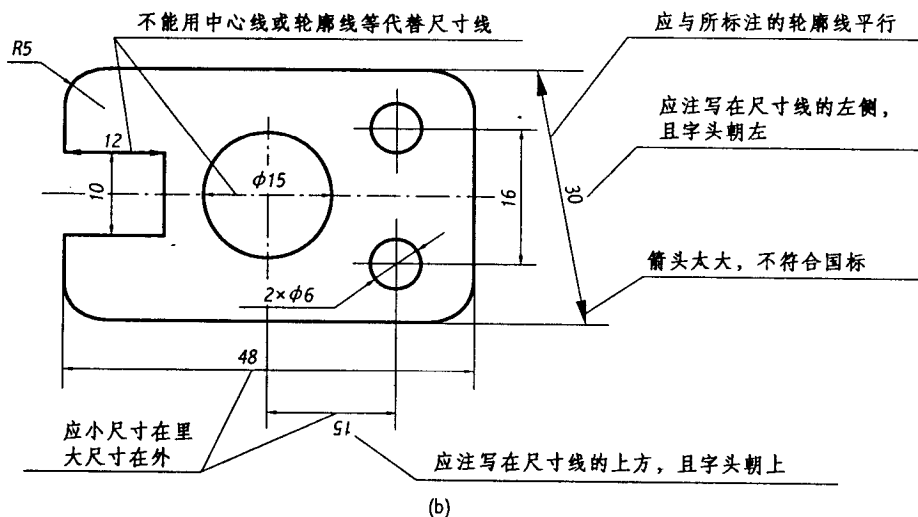
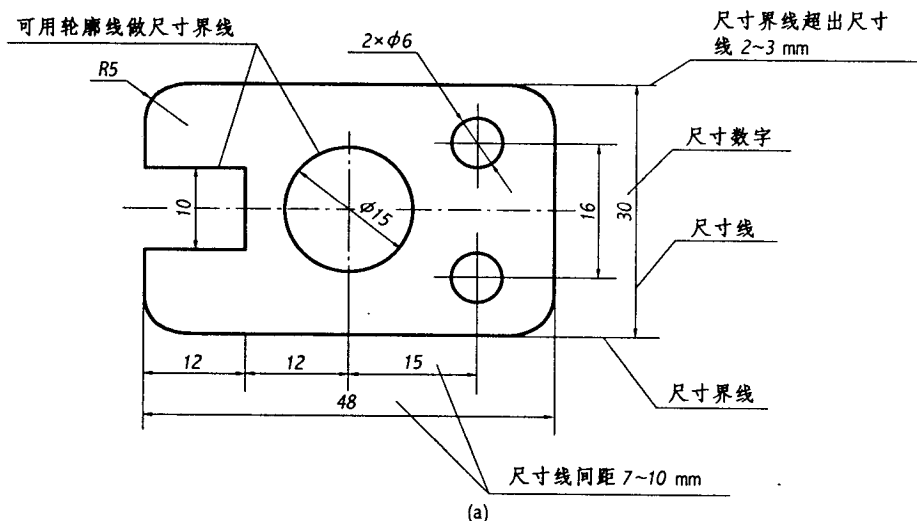


图 1.7 尺寸注法

(2) 尺寸线

尺寸线用细实线绘制,一般不能用其他图线代替,也不得与其他图线重合或在其他图线的延长线上。线性尺寸的尺寸线应与所标注的轮廓线平行,同一图样上尺寸线与轮廓线以及尺寸线间的距离应大致相等,一般为7~10 mm。大尺寸线应画在小尺寸线的外面,以避

免尺寸线与尺寸界线相交。

(3) 尺寸线终端

有三种形式:箭头、斜线和圆点。箭头的形式如图 1.8(a)所示,图中 d 为粗实线的宽度。当尺寸很小时,采用斜线或圆点(如图 1.8(b)、(c))。同一张图样中的所有箭头、斜线或圆点的大小应基本相同。

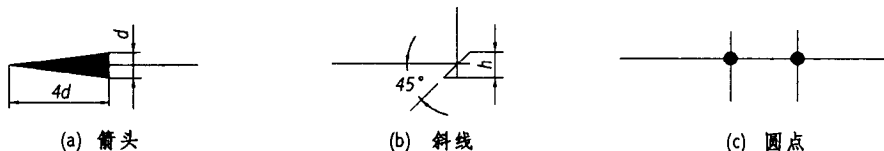


图 1.8 尺寸线终端

(4) 尺寸数字

应按标准字体书写,且同一图样上的字高应一致。当尺寸数字在图中遇到图线时,需将图线断开,如图线断开影响图形表达时,需调整尺寸标注的位置。

图 1.7(b)为错误的标注示例,请与正确的标注示例图 1.7(a)进行比较。

3. 几类尺寸的标注方法

(1) 线性尺寸的标注方法

线性尺寸水平方向的尺寸数字应字头朝上,垂直方向的尺寸数字应字头朝左,倾斜方向的尺寸数字应保持字头朝上的趋势,如图 1.9(a)所示。尽量避免在图示 30° 范围内标注尺寸,当无法避免时可按图 1.9(b)标注。尺寸数字也可写在尺寸线的中断处。

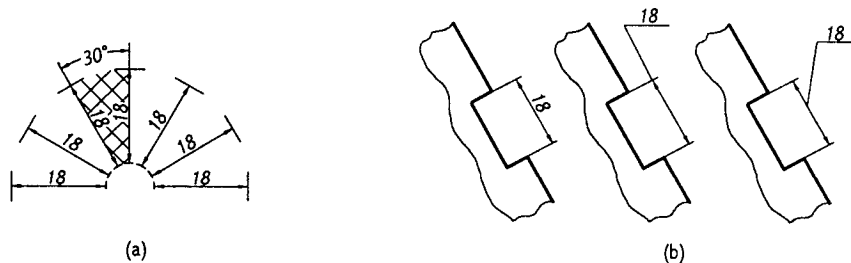


图 1.9 线性尺寸的数字方向

(2) 直径与半径尺寸的标注方法

①当标注整圆或大于半圆的圆弧时,应标注直径尺寸,即在尺寸数字前加注符号“ ϕ ”,尺寸线通过圆心,以圆周为尺寸界线,如图 1.10 所示。

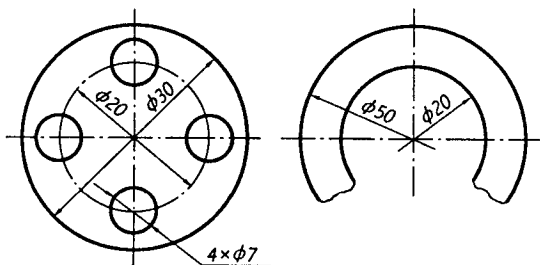


图 1.10 直径尺寸的标注

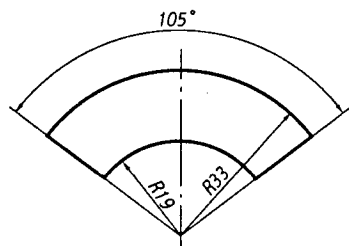


图 1.11 半径尺寸的标注

②当标注小于或等于半圆的圆弧时,应标注半径尺寸,即在尺寸数字前加注符号“R”,尺寸线自圆心引出,只画一个箭头,如图 1.11 所示。但当圆弧的半径很大,其圆心在图上不能示出时,可采用图 1.12 的标注形式。

③标注球面直径或半径尺寸时,应在尺寸数字前加注符号“S ϕ ”或“SR”,如图 1.13 所示。

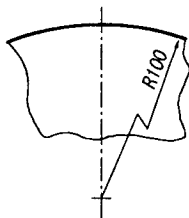


图 1.12 大半径尺寸的标注

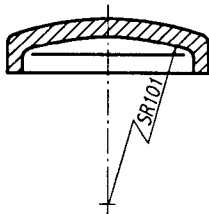


图 1.13 球面半径尺寸的标注

(3) 角度尺寸的标注方法

标注角度尺寸时,尺寸界线应沿径向引出,尺寸线应画成圆弧,其圆心是该角的顶点。角度数字一律字头朝上水平书写,一般注写在尺寸线的中断处,必要时,可注写在尺寸线上方或外边,也可引出标注,如图 1.14 所示。

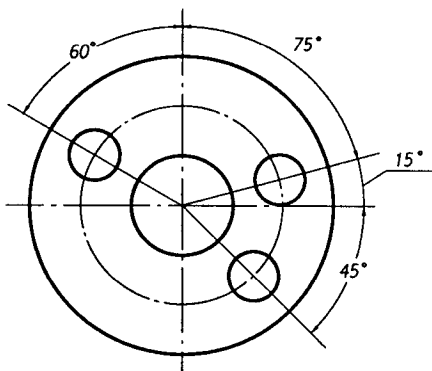


图 1.14 角度尺寸的标注

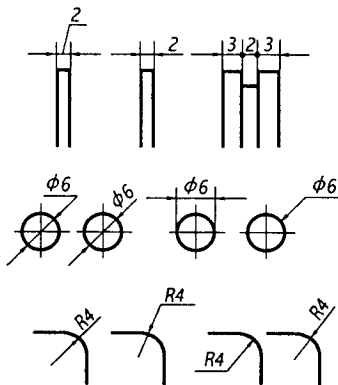


图 1.15 小尺寸的标注

(4) 小尺寸的标注方法

当所标注的尺寸很小,没有足够的地方画箭头或注写尺寸数字时,允许采用图 1.15 的形式标注。

1.2 绘图工具简介

正确地掌握绘图工具的使用及维护方法,既能保证绘图质量,提高绘图速度,又能延长绘图工具的使用寿命。常用的绘图工具有:铅笔、图板、丁字尺、三角板、比例尺和绘图仪器等。

一、铅笔

建议采用 B、HB、H、2H 等绘图铅笔,H 代表硬,B 代表软。H 前面的数字值愈大,铅心愈

硬;B前面的数字值愈大,铅心愈软。通常打底稿时选用H或2H;写字时选用H或HB;加深图线时选用HB或B;加深圆及圆弧时,圆规用铅心选用B或2B。画细线和写字的铅心应削成锥状,画粗实线的铅心应削成四棱柱状,如图1.16所示。

二、图板

图板供固定图纸用,应保证它的工作表面平坦、光滑,左右两导边平直,如图1.17所示。

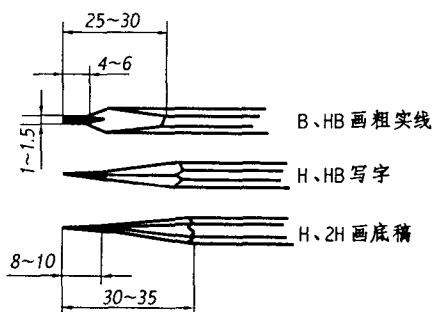


图 1.16 铅笔的削法

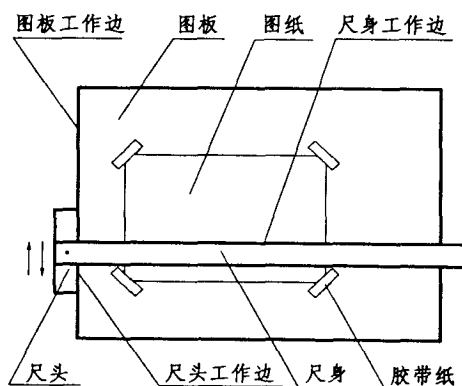


图 1.17 图板和丁字尺的使用

三、丁字尺

丁字尺由尺头和尺身组成,并相互垂直固定在一起,尺头的内侧面及尺身的工作边必须平直,尺身的工作边主要用来画水平线,或作为三角板移动的导边。画图时,用左手扶住尺头,使其内侧面紧靠图板左导边,上下移动丁字尺,便可画出一系列的水平线。画水平线时铅笔沿尺身的工作边自左向右移动,如图1.18(a)。用毕应将丁字尺挂起来,以免尺身弯曲变形。

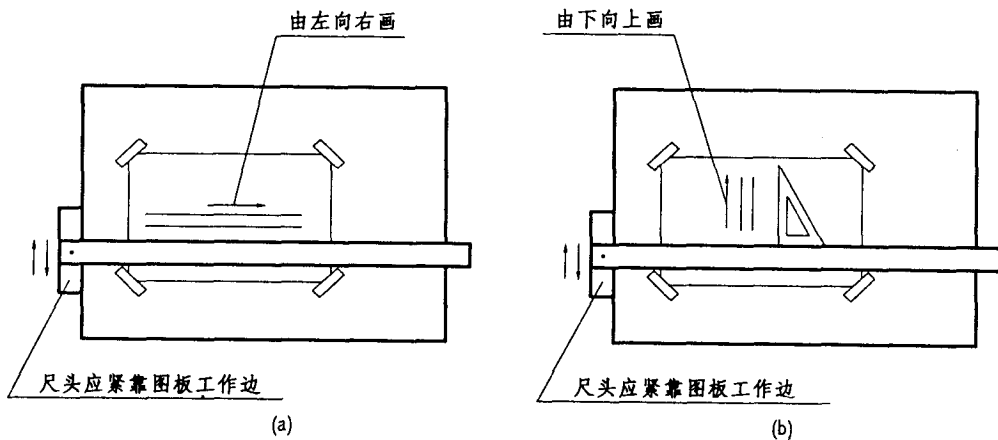


图 1.18 用丁字尺和三角板画水平线和铅垂线