



普通高等教育“十二五”规划教材

Mechanical drawing

机械制图

© 李杰 陈家能 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

机 械 制 图

主 编	李 杰	陈家能	
副主编	蔡 萍	吴桂华	陈华江
参 编	陈 洁	马 霞	魏昌祥
	裴苹汀	冯 霞	刘晓培
主 审	陈国民		



机 械 工 业 出 版 社

本书以培养学生徒手绘图、尺规绘图和计算机绘图三种能力为重点,采用了最新《技术制图》和《机械制图》国家标准。本书主要内容有:绪论、制图基本知识 with 技能、正投影基础、基本体及立体表面交线、组合体、轴测图、机件常用表达方法、标准件与常用件、零件图、装配图、计算机绘图。

本书可作为高等院校机械类和近机械类专业机械制图课程的教材,也可供其他类型院校相关专业的 64 ~ 104 学时机械制图课程选用,还可供工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制图/李杰, 陈家能主编. —北京: 机械工业出版社, 2014. 8

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-47050-2

I. ①机… II. ①李…②陈… III. ①机械制图-高等学校-教材

IV. ①TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 168254 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 舒 恬 责任编辑: 舒 恬 安桂芳 版式设计: 霍永明

责任校对: 肖 琳 封面设计: 张 静 责任印制: 乔 宇

保定市 中画美凯印刷有限公司印刷

2014 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 17.25 印张 · 426 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-47050-2

定价: 36.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是为了适应普通高等院校机械类专业机械制图课程教学的需要,并结合编者多年从事教学改革和课程建设实践积累的经验而编写的。它适合 64~104 学时机械类专业及近机械类专业选用,也可作为学生参考用书,或供工程技术人员参考。本书的编写特点如下:

1. 编写内容以“实用为主,必须、够用为度”为原则,精简传统的画法几何内容,增加“轴测草图画法”。强化草图的绘制能力,加强应用能力的培养。

2. 全书采用双色印刷,使重点内容、需强调的内容一目了然。文字叙述简明扼要,通俗易懂,文字与图形相结合,便于理解和掌握。对复杂的图形,辅以立体图及分解图示,对知识点配以图形,以例代理。

3. 计算机绘图已成为机械制图课程必不可少的内容之一。本书以 AutoCAD 2012 版为蓝本,主要介绍使用计算机绘图的思路、方法和技巧。将常用命令结合实例讲解,便于学生学习和掌握。

4. 零部件测绘安排在装配图一章,精简了教材篇幅,同时使绘制零件草图这一内容与第一章和第五章的徒手绘图、轴测草图等内容相呼应。

5. 本书采用最新颁布的国家标准《技术制图》及《机械制图》。

本书由重庆科技学院李杰、陈家能担任主编,蔡萍、吴桂华、陈华江担任副主编。本书编写工作的具体分工如下:李杰(第十章)、陈家能(第八章、第九章、附录 C)、蔡萍(第六章)、吴桂华(第七章、附录 A、B)、陈华江(绪论、第一章),陈洁(第二章、第三章第一节~第三节、第五章),马霞(第三章第四节、第五节、第四章)。

本书由重庆后勤工程学院陈国民教授担任主审。编写过程中,重庆科技学院魏昌祥、裴苹汀、冯霞、刘晓培等老师参加了绘图、图形及文字的校对等工作,王谊和曾慧娥老师对本书的编写给予了极大帮助,机械工业出版社的舒恬编辑也提出了具体的意见并给予指导,同时我们还参考了国内同行编写的很多同类优秀教材,在此一并致以衷心的感谢,并且向为本书编写、出版付出辛勤劳动的各位专家、编辑及有关同志表示感谢。

由于编者水平有限,书中的不妥之处在所难免,欢迎读者和同仁批评指正。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
第一章 制图基本知识与技能	3
第一节 《技术制图》与《机械制图》国家标准中的有关规定	3
第二节 尺规绘图工具和仪器的使用方法	11
第三节 常用几何作图方法	13
第四节 平面图形的分析与画法	16
第五节 徒手绘图的基本技能	19
第二章 正投影基础	22
第一节 投影法及三视图的形成	22
第二节 点的投影	26
第三节 直线的投影	29
第四节 平面的投影	36
第三章 基本体及立体表面交线	42
第一节 平面立体的投影	42
第二节 回转体的投影	47
第三节 平面与平面立体相交	54
第四节 平面与回转体相交	57
第五节 两回转体表面相交	65
第四章 组合体	74
第一节 组合体的形体分析	74
第二节 组合体视图的画法	76
第三节 读组合体视图的方法	81
第四节 组合体的尺寸标注	90
第五章 轴测图	99
第一节 轴测图的基本知识	99
第二节 正等轴测图	100
第三节 斜二轴测图	106
第四节 轴测剖视图	109
第六章 机件常用表达方法	113
第一节 视图	113
第二节 剖视图	119
第三节 断面图	133
第四节 机件的其他表达方法	136
第五节 表达方法综合应用举例	141
第六节 第三角画法简介	143
第七章 标准件与常用件	147
第一节 螺纹及螺纹紧固件	147
第二节 键、销连接	157
第三节 齿轮	160
第四节 弹簧	166
第五节 滚动轴承	168
第八章 零件图	172
第一节 零件图的作用和内容	172
第二节 零件图的视图选择及尺寸注法	173
第三节 表面结构表示法	178
第四节 极限与配合、几何公差	183
第五节 零件上常见的工艺结构及尺寸标注	189
第六节 读零件图	193
第九章 装配图	196
第一节 装配图的作用和内容	196
第二节 装配图的特殊表达方法	197
第三节 装配图的尺寸标注和技术要求	199
第四节 装配图的零件序号和明细栏	200
第五节 机器上常见的装配结构	201
第六节 装配图的画图及读图	202
第七节 零部件测绘方法简介	208
第十章 计算机绘图	214
第一节 AutoCAD 2012 版的基本操作	214
第二节 AutoCAD 绘图的常用命令	221
第三节 AutoCAD 标注	231
第四节 计算机绘图综合举例	244
附录	249
附录 A 螺纹	249
附录 B 常用标准件	252
附录 C 极限与配合	262
参考文献	270

绪 论

一、本课程的研究对象

在工程技术中,按一定的投影方法和技术规定,准确地表达物体的结构形状、尺寸和技术要求的图形,称为工程图样。在现代工业生产和科学技术中,无论是制造各种机械设备、电气设备、仪器仪表,还是建筑房屋和进行水利工程施工等,都离不开工程图样。因此,图样被称为工程技术界的“语言”,每个工程技术人员都必须掌握这种“语言”。本课程主要研究机械零件、部件和机器的图样的绘制和识读方法。

二、本课程的内容

《机械制图》课程是一门专业技术基础课程,它包括制图国家标准、投影基础、制图基础、机械制图和计算机绘图五个部分。具体分布和主要内容见表 0-1。

表 0-1 本书内容构成

	包含章节	主要内容
制图国家标准	第一、七章	介绍常用的国家标准,使学生掌握运用和查阅国家标准的方法
投影基础	第二、三章	投影的基本方法和理论
制图基础	第三、四、五、六章	介绍基本体及组合体的投影,表达物体外部形状和内部结构的基本方法,使学生掌握机械图样的各种画法,从而正确表达物体的形状和结构
机械制图	第七、八、九章	主要介绍标准件、常用件的画法,介绍零件图和装配图的画法,使学生掌握表面结构、尺寸公差和几何公差等技术要求的标注与识读
计算机绘图	第十章	主要介绍计算机绘图的基本知识,使学生掌握计算机绘图的基本方法

三、本课程的学习任务

- 1) 培养空间想象力,提高对空间物体的观察、分析和表达能力,掌握用正投影法表达空间物体的基本理论和方法。
- 2) 掌握使用仪器绘图、徒手绘图和计算机绘图的基本方法,正确地绘制并读懂各种工程图样。
- 3) 培养耐心细致的工作作风和认真负责的工作态度。

四、本课程的注意事项

- 1) 培养学生的画图能力和读图能力,是学习本课程的主要任务。画图是将空间物体表达在平面上,而读图是将平面图形返回到空间形状中去。在培养学生的空间想象能力方面,读图的难度比画图的难度大。因此,在学习本课程的过程中,要注意培养自己的空间想象能力。
- 2) 技能性学习在本课程的学习中占有一定的比例。在学习过程中,要掌握正确使用绘

图仪器和工具的方法以及计算机绘图的方法，不断提高绘图技能。

3) 本课程是实践性很强的一门课程，要真正掌握本课程所涉及的知识，只有通过完成一系列的作业和练习来实现。因此，运用好“三多”——多思考、多画图、多读图，才能提高自己的画图、读图的能力。

第一章 制图基本知识与技能

第一节 《技术制图》与《机械制图》国家标准中的有关规定

图样是现代工业生产中最基本的技术文件，是工程界的技术语言。为了正确地绘制和阅读工程图样，便于指导生产和对外进行技术交流，工程技术人员必须熟悉和掌握有关标准和规定。国家标准《技术制图》与《机械制图》是工程界重要的基础技术标准，是绘制和阅读工程图样的依据。

我国国家标准简称国标，其代号是“GB”，如 GB/T 14689—2008，其中 GB/T 是表示推荐性国标，14689 是标准编号，2008 是发布年号。如果不写年号，表示最新颁布实施的国家标准。国家标准对图样的画法、尺寸标注等内容作了统一的规定。每个工程技术人员都必须掌握并严格遵守。

本节主要介绍图幅、比例、字体、图线、尺寸标注等基本规定。

一、图纸幅面及格式（GB/T 14689—2008）

1. 图纸幅面尺寸

绘制技术图样时，优先采用表 1-1 中的基本幅面规格尺寸。必要时，可以加长幅面。加长幅面是按基本幅面的短边成整数倍增加，如图 1-1 所示。

各基本幅面尺寸关系如图 1-1 所示，图中粗实线所示为基本幅面，虚线所示为加长幅面。沿着某一号幅面的长边对裁，即为下一号幅面的大小。例如，沿 A1 幅面的长边对裁，即为 A2 的幅面，以此类推。

表 1-1 图纸幅面尺寸和图框尺寸 (单位: 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
e	20		10		
c	10			5	
a	25				

2. 图框格式

绘图时在图纸上必须用粗实线绘制图框线，用以限定绘图区域。图框有留装订边和不留装订边两种格式，如图 1-2 和图 1-3 所示，图中 a、c、e 的尺寸大小见表 1-1。

为了使图样复制和缩微摄影时定位方便，应在图纸各边的中点处分别画出对中符号，对中符号是从周边画入图框内约 5mm 的一段粗实线，如图 1-4 所示。

若使用预先印制的图纸时，为了明确绘图和读图方向，应在图纸的下边对中符号处画一个方向符号，如图 1-4 所示。

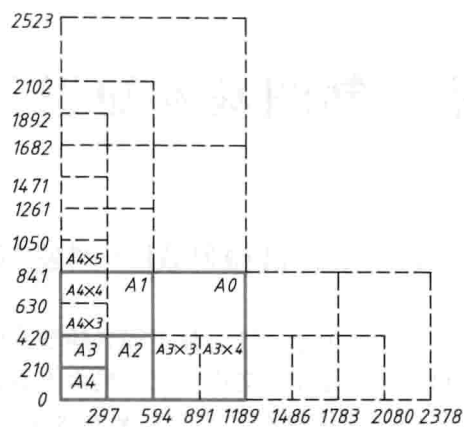


图 1-1 图纸的基本幅面和加长幅面

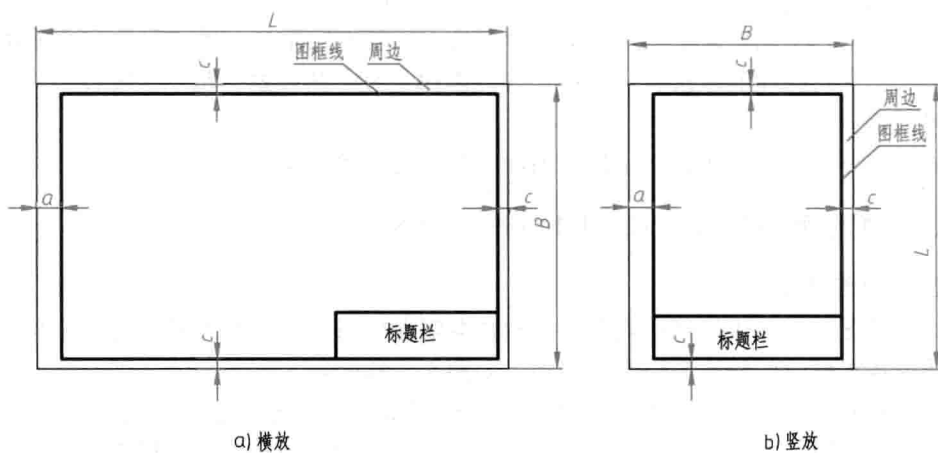


图 1-2 有装订边图纸的图框格式

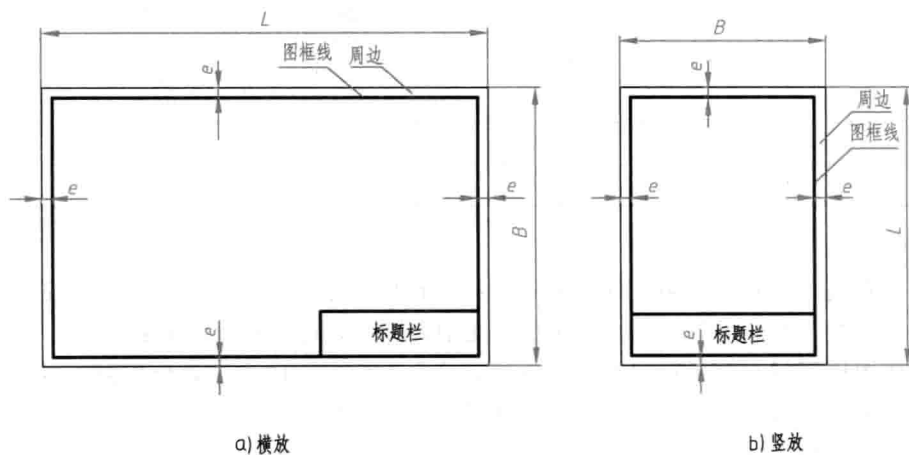


图 1-3 无装订边图纸的图框格式

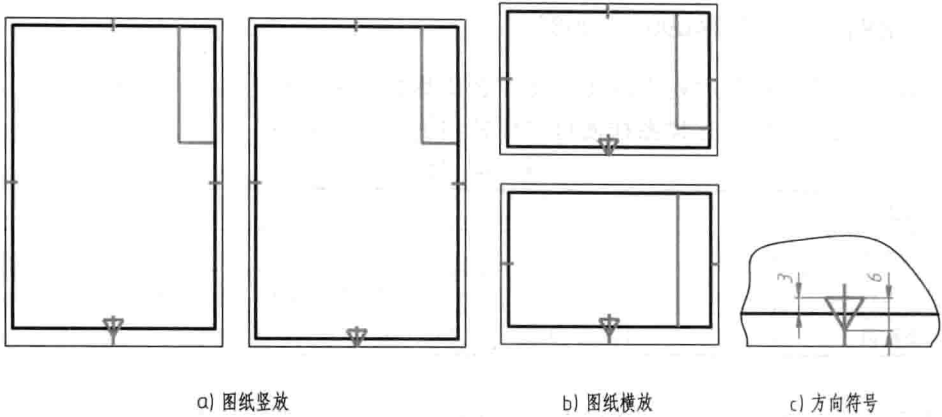


图 1-4 对中符号和方向符号

3. 标题栏

每张图样必须绘制标题栏，标题栏应位于图框线的右下角，如图 1-2 和图 1-3 所示，此时，标题栏中文字的方向应与画图及读图方向一致。

标题栏的格式由国家标准 GB/T 10609.1—2008 作了明确规定，如图 1-5 所示。在学校制图作业中，建议采用图 1-6 所示的简化格式。标题栏的外框线用粗实线、里面竖线用粗实线，横线用细实线绘制。

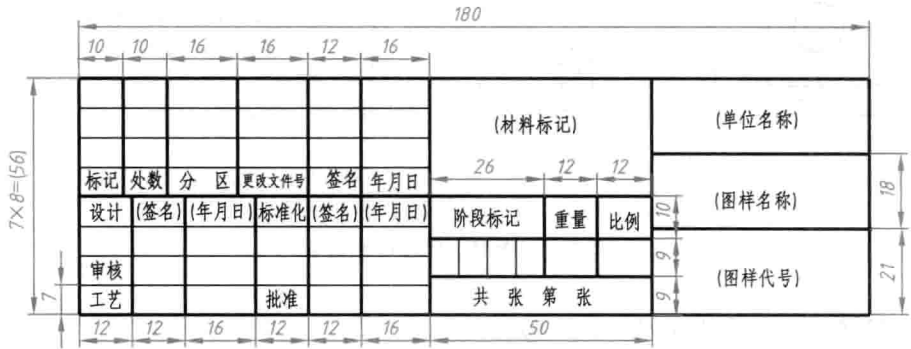


图 1-5 国家标准中的标题栏格式

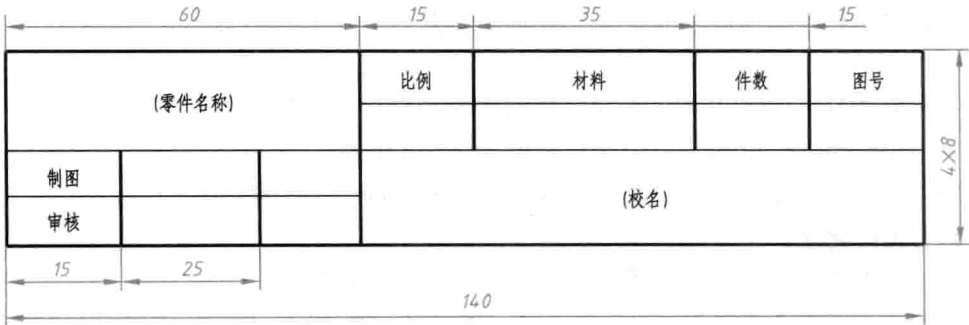


图 1-6 学生用零件图标题栏

二、比例 (GB/T 14690—1993)

图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比称为比例, 见表 1-2。绘制机械图样时, 尽量采用 1:1 的比例画图, 这样图样便可以反映实物的真实大小。

表 1-2 比例

种类	比例					
原值比例	1:1					
放大比例	2:1	5:1	$1 \times 10^n:1$	$2 \times 10^n:1$	$5 \times 10^n:1$	
缩小比例	1:2	1:5	1:10	$1:2 \times 10^n$	$1:5 \times 10^n$	$1:1 \times 10^n$

注: n 为正整数。

无论采用放大或缩小比例, 图样中所标注的尺寸必须是机件的真实大小, 与绘图比例大小无关, 如图 1-7 所示。

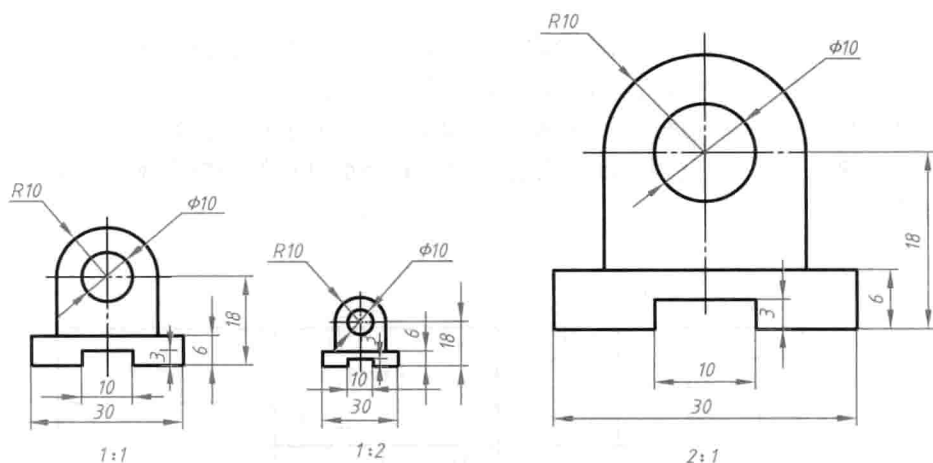


图 1-7 图形比例与尺寸数字

三、字体 (GB/T 14691—1993)

1. 基本要求

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。

字体的号数即字体的高度 h (单位为 mm), 其公称尺寸系列为 1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20。

字母和数字分 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 $1/10$ 。在同一图样上, 只允许选用一种形式字体。

汉字应写成长仿宋体, 汉字的高度不应小于 3.5mm, 其字宽约为 $h/\sqrt{2}$, 并采用国家正式公布推行的简化字。

长仿宋体的书写要领: 横平竖直, 结构均匀, 填满方格。

长仿宋体字的基本笔画为: 点、横、竖、撇、捺、挑、钩、折等。书写时, 要注意运笔方法和顺序, 每一笔画要一笔写成, 不宜勾描; 在起笔、落笔和转折处稍加用力, 并停顿一

下，以形成三角形的笔锋。

2. 字体示例

(1) 汉字示例 图 1-8 所示为长仿宋体汉字示例。

10 号字

字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐

7 号字

横平竖直注意起落结构均匀填满方格

5 号字

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

图 1-8 长仿宋体汉字示例

(2) 字母和数字示例 字母和数字可写成直体或斜体。斜体字字头向右倾斜，与水平线约成 75° 角。字体综合应用时，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，字母和数字的写法如图 1-9 和图 1-10 所示。

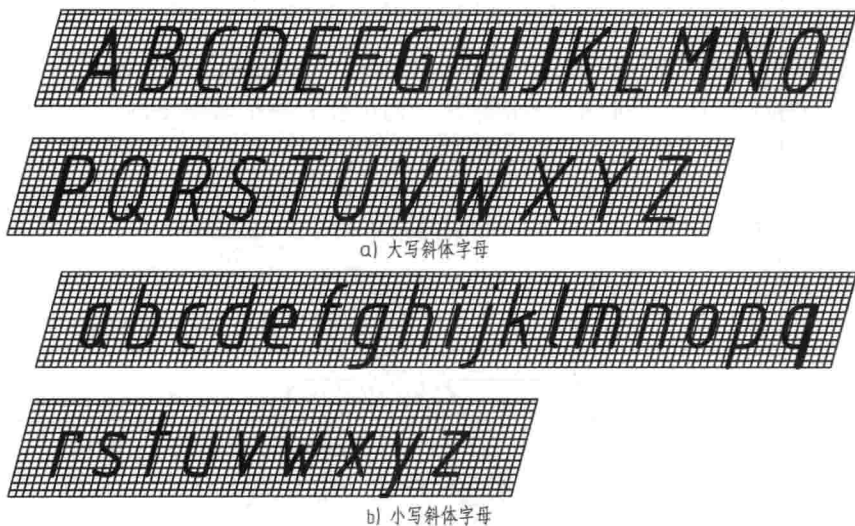


图 1-9 字母的写法

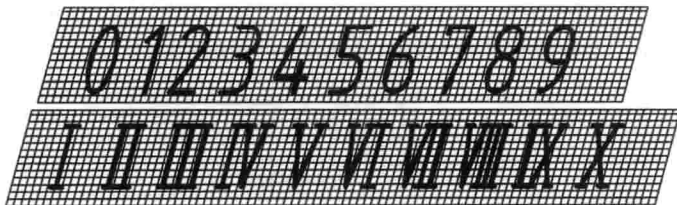


图 1-10 斜体阿拉伯数字和罗马数字的写法

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

1. 图线的型式及其应用

国家标准 GB/T 17450—1998 和 GB/T 4457.4—2002 规定了 15 种线型的名称、型式、结

构、标记及画法规则等，常用的 8 种图线见表 1-3。

表 1-3 图线的型式和应用（摘自 GB/T 4457.4—2002）

线型名称	线 型	线 宽	主要用途
粗实线		d	表示可见轮廓线
细实线		$0.5d$	表示尺寸线、尺寸界线、引出线、剖面线、重合断面的轮廓线、过渡线等
细虚线		$0.5d$	表示不可见轮廓线
细点画线		$0.5d$	表示轴线、对称线、分度圆、分度线、圆中心线等
细双点画线		$0.5d$	表示假想轮廓、极限位置的轮廓线
波浪线		$0.5d$	表示断裂处的边界、局部剖视的分界线
粗点画线		d	表示有特殊要求的表面（限定范围）表示线
双折线		$0.5d$	表示断裂处的边界

图线分粗、细两种。粗线宽度应按图形大小和复杂程度，从 $d = 0.5 \sim 2\text{mm}$ 范围内选择，推荐采用 $d = 0.5 \sim 0.7\text{mm}$ 。细线的宽度为 $d/2$ 。

图线宽度 d 的推荐系列为：0.13mm、0.18mm、0.25mm、0.35mm、0.5mm、0.7mm、1mm、1.4mm、2mm。为了保证图样的清晰度、易读性和便于缩微复制，应尽量避免采用小于 0.18mm 的图线。图 1-11 所示为常用图线的应用举例。

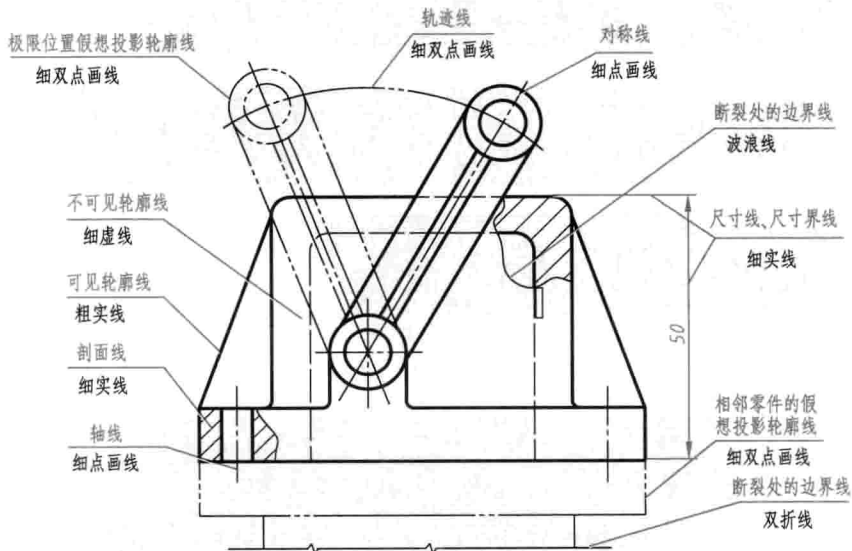


图 1-11 常用图线的应用举例

2. 图线画法

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线段长度和间隔应各大致相等。并要特别注意图线在接头（相接、相交、相切）处的正确画法。

2) 两平行线（包括剖面线）之间的距离不小于粗实线的两倍宽度，其最小距离不得小于 0.7mm。

3) 画圆的中心线时, 点画线的两端应超出轮廓线 2~5mm; 首末两端应是线段而不是短画; 圆心应是线段的交点, 较小圆的中心线可用细实线代替。

4) 虚线或点画线与其他图线相交时, 应在线段处相交, 而不是在点或间隙处相交。

5) 虚线为实线的延长线时, 虚线与实线之间应留出间隙。

6) 当有两种或更多的图线重合时, 通常按图线所表达对象的重要程度优先选择绘制顺序为可见轮廓线、不可见轮廓线、尺寸线、各种用途的细实线、轴线和对称中心线、假想线。

正确绘制图线的方法如图 1-12 所示。

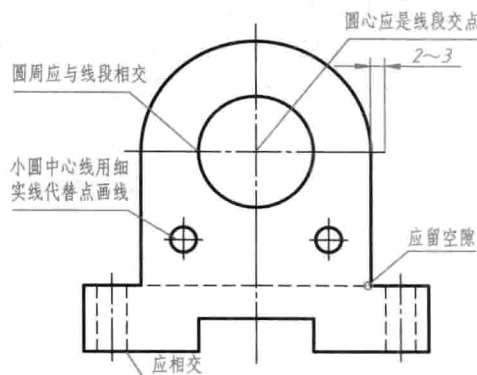


图 1-12 绘制图线的注意事项

五、尺寸标注 (GB/T 16675.2—2012 和 GB/T 4458.4—2003)

图形只能表示物体的形状和结构, 而物体的大小及各部分之间相互位置关系则由标注的尺寸来确定。尺寸标注要严格遵守国家标准有关的规定。

1. 基本规则

1) 机件的真实大小应以图样上所标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) 图样中的尺寸以毫米 (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, 则必须注明相应的计量单位的代号或名称。(注: 标注尺寸建议以毫米为单位)。

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, 并标注在反映该结构最清晰的图形上。

2. 尺寸的组成要素

一个完整的尺寸标注由尺寸界线、尺寸线、尺寸线终端 (箭头或斜线) 和尺寸数字组成, 如图 1-13 所示。

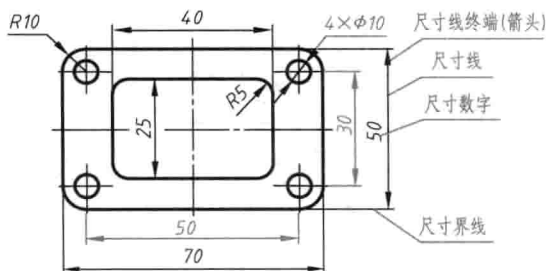


图 1-13 尺寸组成及其标注示例

1) 尺寸界线。尺寸界线表示所注尺寸的范围, 一般用细实线绘出, 也可用轴线、中心线、轮廓线及其延长线作为尺寸界线。尺寸界线一般应与尺寸线垂直, 必要时才允许倾斜, 如图 1-14 所示。

2) 尺寸线。尺寸线表示度量尺寸的方向, 必须用细实线单独绘出, 不得由其他任何图线代替, 也不得画在其他图线的延长线上。

线性尺寸的尺寸线应与所标注的线段平行。相互平行的尺寸线, 大尺寸在外, 小尺寸在内, 以避免尺寸界线与尺寸线相交, 且平行尺寸线间的间距

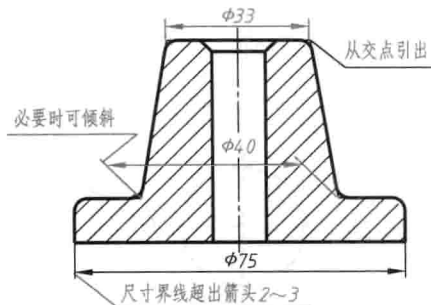


图 1-14 倾斜引出的尺寸界线

尽量保持一致,一般为5~10mm。尺寸界线超出尺寸线2~3mm,如图1-14所示。

3) 尺寸线终端。尺寸线终端有两种形式:箭头和斜线,如图1-15所示,图中 d 为粗实线的宽度, h 为尺寸数字的高度。机械图样中一般采用箭头作为尺寸线的终端。箭头的尖端与尺寸界线接触,箭头大小要一致。

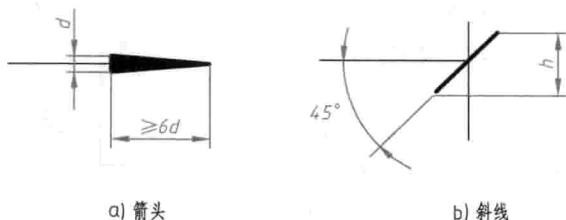


图 1-15 箭头和斜线

当尺寸线的终端采用斜线形式时,尺寸线与尺寸界线必须相互垂直。因此,标注圆的直径、圆弧半径和角度尺寸线时,其终端应该用箭头。同一张图样中,除圆、圆弧、角度外,应采用一种尺寸线终端形式。

4) 尺寸数字。尺寸数字表示尺寸的大小。水平方向的线性尺寸数字一般注写在尺寸线的上方,也允许注写在尺寸线的中断处,字头朝上;垂直方向的尺寸数字应注写在尺寸线的左侧,字头朝左;倾斜方向的尺寸数字,应保持字头向上的趋势。尺寸数字不能被任何图线通过,否则应将该处图线断开。各类尺寸的注法见表1-4。

表 1-4 常见尺寸的标注示例

标注内容	示例	说明
线性尺寸的 数字方向		线性尺寸数字应按图 a 所示的方向注写,并尽可能避免在图示 30° 范围内标注尺寸,无法避免时,可按图 b 的形式标注
角度		1) 角度尺寸的数字一律水平书写。一般注写在尺寸线的中断处,必要时允许写在外面,或引出标注 2) 尺寸界线必须沿角顶引出;尺寸线画成圆弧,圆心是该角的顶点
圆和圆弧		圆的直径尺寸和圆弧的半径尺寸一般应按左图示例标注。直径或半径尺寸数字前应分别注写符号“φ”或“R”,大圆弧采用折弯标注

(续)

标注内容	示例	说明
狭小尺寸		1) 当没有足够位置画箭头或写数字时,可有一个布置在尺寸界线外面 2) 位置更小时,箭头和数字可以都布置在尺寸界线外面,或引出标注尺寸数字 3) 狭小部位画不出箭头时,可用圆点或斜线代替
球面		标注球面尺寸时,应在 ϕ 或 R 前加注“S”
尺寸相同的孔等要素及对称尺寸标注		相同直径的圆孔只要在一个圆孔上标注直径尺寸,并在其前加注“个数×” “EQS”表示成组要素(如孔)均匀分布
正方形结构		标注断面为正方形结构的尺寸时,可在正方形边长尺寸数字前加注符号“□”或用“$A \times A$”(A 为正方形边长)注出 当图形不能充分表达平面时,可用对角交叉的两条细实线表示

第二节 尺规绘图工具和仪器的使用方法

正确使用绘图工具和仪器,是保证绘图质量和提高绘图速度的前提。下面简要介绍常用绘图工具及其使用方法。

一、图板、丁字尺、三角板

图板用来固定图纸。图板的工作面须光滑平整,图板的左边为工作边,如图 1-16 所示。常用的图板规格有 0 号、1 号和 2 号。

丁字尺由相互垂直的尺头和尺身组成。使用时,左手扶住尺头,将尺头的内侧边紧靠图板的左边,上下移动丁字尺,自左向右,可画出不同位置的水平线。

三角板与丁字尺配合使用可画垂直线和倾斜线。

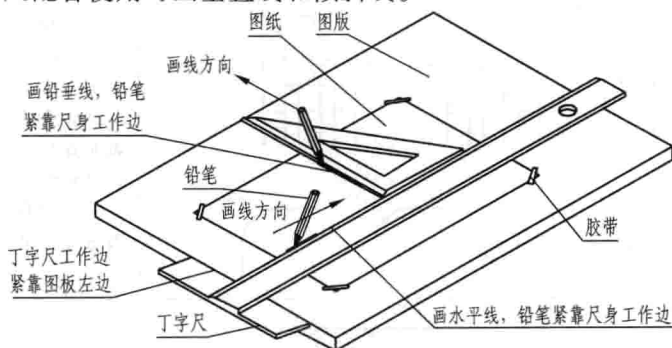


图 1-16 用图板、丁字尺、三角板画线

二、圆规、分规

圆规是画圆和圆弧的工具。画圆或圆弧时,按顺时针方向转动圆规,并稍向前倾斜,要保证针尖和笔尖均垂直于纸面。

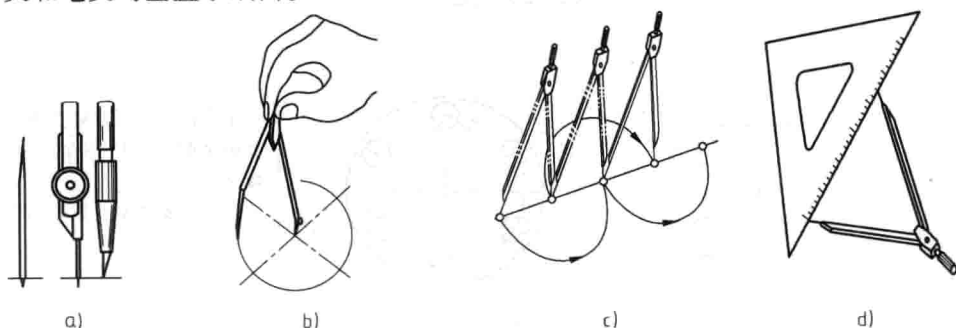


图 1-17 圆规和分规的用法

分规是用来等分线段或量取尺寸的工具。圆规的使用方法如图 1-17a、b 所示,分规的使用如图 1-17c、d 所示。

三、曲线板

曲线板是绘制非圆曲线的常用工具。画线时,先徒手将各点轻轻地连成曲线,然后在曲线板上选取曲率相当的部分,分几段逐次将各点连成曲线,但每段都不要全部描完,至少留出后两点间的一小段,使之与下段吻合,以保证曲线的光滑连接,如图 1-18 所示。

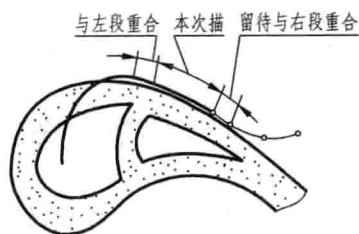


图 1-18 曲线板用法

四、铅笔

绘图铅笔用 B 和 H 代表铅芯的软硬程度。B 前的数值越大,表示铅芯越软, H 前的数值越大,表示铅芯越硬。HB 表示软硬适中的铅芯。常用 H 或 2H 的铅笔画底稿,用 HB 或