

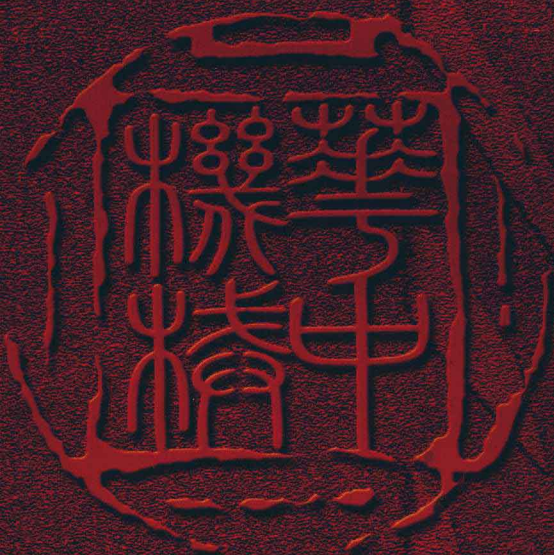


普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
21世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材

# 画法几何及机械制图

(第四版)

主编 常 明  
主审 童秉枢



华中科技大学出版社  
<http://www.hustp.com>



图书在版编目(CIP)数据

画法几何及机械制图(第四版)/常明主编. —武汉:华中科技大学出版社,  
2009年9月  
ISBN 978-7-5609-5450-9

I. 画… II. 常… III. ①画法几何-高等学校-教材;②机械制图-高等学校-教材  
IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 094674 号

画法几何及机械制图(第四版)

常明 主编

策划编辑:刘锦 钟小珉

责任编辑:刘勤

责任校对:刘竣

封面设计:潘群

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录排:华中科技大学惠友文印中心

印刷:仙桃市新华印刷有限责任公司

开本:710mm×1000mm 1/16 印张:30

字数:588 000

版次:2009年9月第4版

印次:2009年9月第12次印刷

定价:46.00元(含光盘一片)

ISBN 978-7-5609-5450-9/TH·197

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

21 世纪高等学校  
机械设计制造及其自动化专业系列教材  
编审委员会

顾问： 姚福生                      黄文虎                      张启先  
          (工程院院士)                (工程院院士)                (工程院院士)

          谢友柏                      宋玉泉                      艾 兴  
          (工程院院士)                (科学院院士)                (工程院院士)

          熊有伦  
          (科学院院士)

主任： 杨叔子                      周 济                      李培根  
          (科学院院士)                (工程院院士)                (工程院院士)

委员： (按姓氏笔画顺序排列)

于骏一	王安麟	王连弟	王明智	毛志远
左武炘	卢文祥	朱承高	师汉民	刘太林
李 斌	杜彦良	杨家军	吴昌林	吴 波
吴宗泽	何玉林	何岭松	陈康宁	陈心昭
陈 明	陈定方	张春林	张福润	张 策
张健民	冷增祥	范华汉	周祖德	洪迈生
殷国富	宾鸿赞	黄纯颖	童秉枢	傅水根
廖效果	黎秋萍	戴 同		

秘书： 刘 锦    徐正达    万亚军

# 内 容 提 要

本书是根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会 2005 年制定的最新版本“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”,结合华中科技大学实施教育部下达的《工程制图与机械基础系列课程教学内容与课程体系改革》的教改项目所取得的成果与经验编写而成的,为普通高等教育“十五”及“十一五”国家级规划教材。

本书内容包括机械制图的基本知识,立体的几何构型及三维软件 UG NX,立体的三维与二维的表达方法,点、直线、平面的投影,几何元素的相对位置,曲线与曲面,基本体及其截交线,组合体,常用表达方法,机械图概述,螺纹及连接件,常用件,零件图,装配图,表面展开图及 AutoCAD 绘图基础等十六章。与本书配套的《画法几何及机械制图习题集》、教学光盘也同时出版发行。光盘内容包括电子教案、电子挂图、电子模型和自主知识产权的二维 CAD 软件——凯图 CAD 2008。

本书可作为高等工科院校机械类、近机类各专业画法几何及机械制图课程的教材,也可供电大、职大及函授大学等高等工业院校同类专业师生及有关工程技术人员学习使用。

## 第四版前言

本书是由华中科技大学牵头实施的《工程制图与机械基础系列课程教学内容与课程体系改革》项目的研究成果,是面向 21 世纪课程教材,并连续被评为普通高等教育“十五”“十一五”国家级规划教材。

本书自 2000 年第二版出版以来,一直在华中科技大学和部分兄弟院校机械类和近机类本科专业教学中使用,受到读者和有关专家的好评,并于 2002 年获国家级优秀教材二等奖。

近几年来,由于我校承担了教育部“面向 21 世纪机械工程教学改革”和国家“机械基础教学基地建设”等重大教改项目,学校的机械类专业人才培养方案和教学计划都发生了重大变化,从 2003 年 9 月开始,在机械学科大类四个学院五个专业中实施机械学科大类人才培养计划,“画法几何及机械制图”课程被列为机械学科大类平台课程,共 72 学时。为了适应学校制订的教学改革的总体思路(降低重心、注重交叉、扩大专业方向),本课程也制订了新的课程体系和教学内容体系,新的课程体系由“画法几何及机械制图”、“现代设计制图”和“计算机图形学”三门课程组成,新的教学内容体系则在本书中得以体现。另外,在本次修订时,由教育部高等学校工程图学教学指导委员会制订的新版《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》也已经实施,本书在修订工作中充分吸取了新基本要求的建议和同行专家及广大读者的意见,并融合了近几年来本课程教学改革的成果,力求使新教材更加符合面向 21 世纪机械学科大类人才培养的需求。

本版除保留了第三版的一些特点外,还在以下几个方面进行了改进。

(1) 将计算机三维造型的内容与二维绘图一样,融合到教学的全过程中,使之成为贯穿全书的一条线。这样修改的目的是为了让我们的教学内容更加符合本学科发展的新趋势,同时也符合教育部颁布实施的新教学基本要求。

(2) 为了适应机械学科大类人才培养方案的要求,修改或删除了教材和习题集中难度较大的例题和习题,降低了教学内容的深度,但在教材内容的宽度和广度方面则是增无减,这样处理的目的是贯彻“加强基础、拓宽知识、注重素质、培养能力”的高素质创新人才培养的指导思想。

(3) 在采用凯图 CAD 软件作为教学软件的同时,也介绍了国际著名三维 CAD 软件 UG NX 和二维 CAD 软件 AutoCAD,这样处理的目的是既保留自主知识产权的特色,又能拓宽读者的视野,使读者了解国内外更多优秀软件的特点和使用方法,以提高对各种软件工作环境的适应能力。

(4) 尽可能地采用最新国家标准,但由于近几年来相关国家标准的变化较快,

加之我们收集的资料不尽齐全，难免有个别标准更新落后于实际情况，唯有通过多次修订才能逐渐完善。

经过多年的教学改革和课程建设，本教材已拥有网络课程、电子教案、教学素材库、习题库、试题库等网上资源，已成为名副其实的立体化教材。这些相关资源可以在华中科技大学主页“精品课程”中下载。凡使用本教材的学校，如需要电子教案、凯图 CAD 教育版二、三维软件的，请与华中科技大学出版社联系（Email:liu3037@163.com）。

参加本次修订工作的有：常明(绪论，第1章1.7~1.8节、第4、5、6章)，胥北澜(第1章1.1~1.6节、第3、10章及第14章14.1~14.10节)，阮春红(第2、7、13章及第14章14.11节)，何建英(第8、16章)，李喜秋(第9、11章)，魏迎军(第12、15章)，附录由李喜秋负责修订。本书由常明任主编，负责统稿和定稿；由胥北澜、阮春红和黄其柏任副主编。

清华大学童秉枢教授主审本书，并提出了许多宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢。

本书在编写和修订过程中参考了国内一些同类著作，相关书目作为参考文献列于书末，在此向这些著作的作者表示深深的谢意。

由于编者水平有限，书中错误及疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2009年4月于华中科大

# 目 录

第 1 章 机械制图的基本知识	(1)
1.1 关于制图国家标准的内容简介	(1)
1.2 绘图工具及其使用方法	(11)
1.3 几何作图	(13)
1.4 平面图形的分析与作图步骤	(17)
1.5 尺规绘图的一般步骤	(18)
1.6 徒手画草图	(20)
1.7 计算机绘图基本知识	(26)
1.8 凯图 CAD 软件的使用方法	(32)
第 2 章 立体的几何构型及三维软件 UG NX	(40)
2.1 几何立体分类	(40)
2.2 基本体的构成方式	(41)
2.3 组合体的构成方式	(42)
2.4 三维软件 UG NX 基础知识	(45)
2.5 UG NX 体素特征与编辑	(50)
2.6 UG NX 草图设计	(52)
第 3 章 立体的三维与二维的表达方法	(62)
3.1 投影法概述	(62)
3.2 投影与视图	(64)
3.3 轴测图	(72)
3.4 计算机绘制轴测图	(80)
第 4 章 点、直线、平面的投影	(83)
4.1 点的投影	(83)
4.2 直线的投影	(89)
4.3 平面的投影	(102)
4.4 旋转法	(113)
第 5 章 几何元素的相对位置	(119)

5.1	平行问题	(119)
5.2	相交问题	(120)
5.3	垂直问题	(124)
5.4	综合性问题解题示例	(127)
5.5	凯图软件的编辑工具箱	(130)
<b>第 6 章</b>	<b>曲线与曲面</b>	<b>(135)</b>
6.1	曲线概述	(135)
6.2	曲线的投影特性及其画法	(136)
6.3	圆的投影	(138)
6.4	螺旋线	(140)
6.5	曲面的基本知识	(142)
6.6	回转面	(144)
6.7	螺旋面	(146)
6.8	计算机绘制曲线	(148)
<b>第 7 章</b>	<b>基本体及其截交线</b>	<b>(151)</b>
7.1	平面立体	(151)
7.2	平面立体的截交线	(157)
7.3	回转体	(165)
7.4	回转体的截交线	(172)
7.5	基本体的尺寸标注	(181)
7.6	计算机绘制基本体的三视图举例	(183)
<b>第 8 章</b>	<b>组合体</b>	<b>(187)</b>
8.1	组合体的形体分析和组合形式	(187)
8.2	相贯线的画法	(190)
8.3	组合体的画法	(203)
8.4	组合体的尺寸标注	(208)
8.5	组合体的读图方法	(210)
8.6	组合体的构形设计与三维建模	(216)
<b>第 9 章</b>	<b>常用表达方法</b>	<b>(219)</b>
9.1	视图	(219)
9.2	剖视图	(222)
9.3	断面图	(234)



9.4	简化画法与规定画法	(237)
9.5	计算机绘制剖视图	(242)
9.6	表达方法综合举例	(243)
9.7	轴测剖视图	(246)
9.8	第三角投影法介绍	(248)
第 10 章	机械图概述	(250)
10.1	零件与部件的关系	(250)
10.2	零件图上表面结构要求及其标注	(253)
10.3	极限与配合及其标注	(257)
10.4	形状与位置公差	(262)
第 11 章	螺纹及连接件	(267)
11.1	螺纹的基本知识	(267)
11.2	键、销连接	(281)
11.3*	焊接	(284)
第 12 章	常用件	(288)
12.1	齿轮的几何要素和规定画法	(288)
12.2	滚动轴承的画法	(297)
12.3	弹簧	(302)
第 13 章	零件图	(307)
13.1	零件图的内容	(307)
13.2	零件的工艺结构	(308)
13.3	一般零件的分类和零件的视图选择	(315)
13.4	零件图的尺寸标注	(326)
13.5	零件测绘和零件图的绘制	(334)
13.6	零件图的读图方法	(338)
13.7	计算机绘制零件图	(341)
13.8	零件造型——实体建模	(344)
第 14 章	装配图	(357)
14.1	装配图的作用和内容	(357)
14.2	装配图的表达方法	(359)
14.3	装配图的视图选择	(362)
14.4	装配图上的尺寸标注和技术要求注写	(364)

---

14.5	装配图上的零件序号及零件明细栏、标题栏 .....	(365)
14.6	几种合理的装配工艺结构 .....	(366)
14.7	部件测绘 .....	(369)
14.8	由零件草图画装配图 .....	(373)
14.9	由装配图拆画零件图 .....	(378)
14.10	UG NX 三维装配设计 .....	(381)
<b>第 15 章</b>	<b>表面展开图</b> .....	<b>(394)</b>
15.1	平面立体表面的展开 .....	(395)
15.2	可展曲面的展开 .....	(397)
15.3	变形接头的展开 .....	(403)
15.4	不可展曲面的近似展开方法 .....	(404)
<b>第 16 章</b>	<b>AutoCAD 绘图基础</b> .....	<b>(409)</b>
16.1	AutoCAD 基础知识 .....	(409)
16.2	基本绘图命令 .....	(415)
16.3	基本编辑命令 .....	(418)
16.4	文字与表格 .....	(426)
16.5	图块 .....	(435)
16.6	绘制零件图 .....	(438)
<b>附录</b>	.....	<b>(442)</b>
<b>参考文献</b>	.....	<b>(467)</b>



# 机械制图的基本知识

工程图样与文字一样，是工程技术人员借以表达设计思想，进行技术交流、组织施工和生产的重要技术资料，是工程技术界的“共同语言”。随着计算机图形学的发展，计算机辅助设计绘图技术正迅速在企事业单位推广应用，为工程技术人员提供了现代化的设计绘图工具。

本章将介绍有关机械制图的基本知识，并将着重介绍国家标准中涉及的有关机械制图的技术标准。

## 1.1 关于制图国家标准的内容简介

国家标准《技术标准》和《机械制图》是国家制定的基本技术标准，绘图时必须严格遵守标准的有关规定，以便工业部门科学地进行生产与管理。国家所制定并颁布的一系列的国家标准简称为“国标”。国标有以下三种执行方式：强制性的（代号为“GB”），推荐性的（代号为“GB/T”），指导性的（代号为“GB/Z”）。例如“制图标准 GB/T 14689—1993”是关于图纸幅面和格式的标准，标准顺序号为 14689，批准颁布的年号是 1993 年。随着科技的发展，标准还会不断地被修改，新的标准又将适应生产发展的新需要。

### 1.1.1 图纸幅面及标题栏（GB/T 14689—1993）

#### 1. 图纸幅面尺寸

表 1-1 列出了标准中规定的各种图纸的幅面尺寸，绘图时应优先采用。每张图样均需有细实线绘制的图幅。必要时可加长边长，但加长量必须符合标准的规定，如图 1-1 所示。

图 1-1 中的粗实线所示为表 1-1 所规定的基本幅面。需要加长图纸幅面时，可以按规定进行，其尺寸按基本幅面的短边成整数倍值得取。基本幅面为首选，即第一选择；细实线为加长幅面的第二选择；虚线为加长幅面的第三选择。

### 2. 图框和标题栏

图纸上所限定绘图区域的线框称为图框。每张图样均需有粗实线绘制的图框和标题栏。需要装订的图样，应留装订边，其图框格式分别如图 1-2(a)、(b)所示。不需装订的图样，其图框格式分别如图 1-2(a)、(b)所示。

表 1-1 图纸幅面

幅面代号	幅面尺寸 $B \times L$	周边尺寸		
		$a$	$b$	$c$
A0	841 × 1 189	25	10	20
A1	594 × 841			
A2	420 × 594			
A3	297 × 420	5		10
A4	291 × 297			

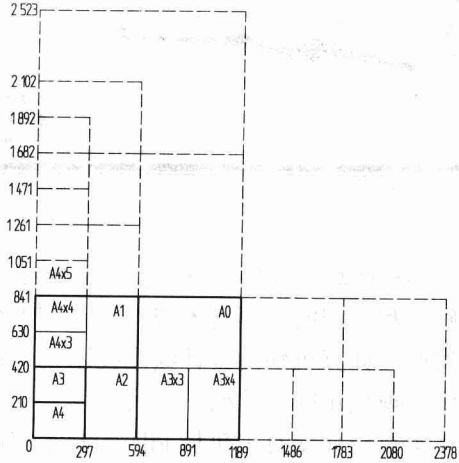


图 1-1 基本幅面与加长图纸幅面

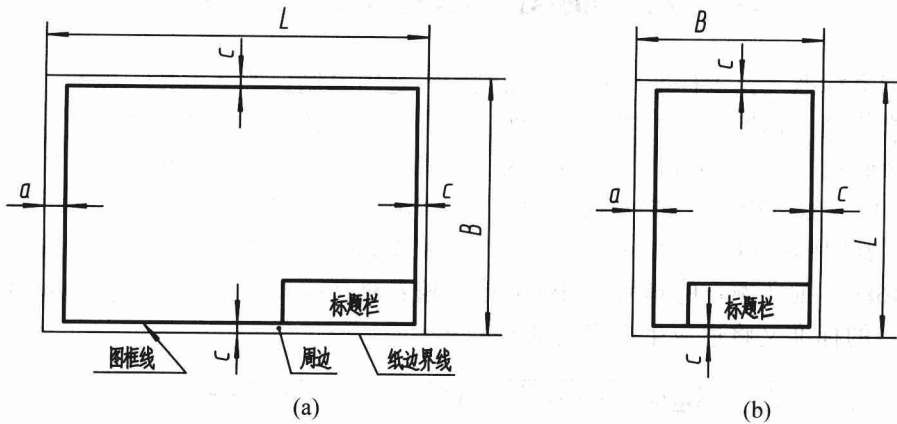


图 1-2 需要装订图样的图框格式

### 3. 标题栏方位

(1) 每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏的格式和尺寸按 GB/T 10609.1—1989 的规定设置。标题栏的位置应位于图纸的右下角，如图 1-2 和图 1-3 所示。

(2) 当标题栏的长边置于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)和图 1-3(a)所示。当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)和图 1-3(b)所示。在此情况下，看图的方向与看标题栏的方向一致。



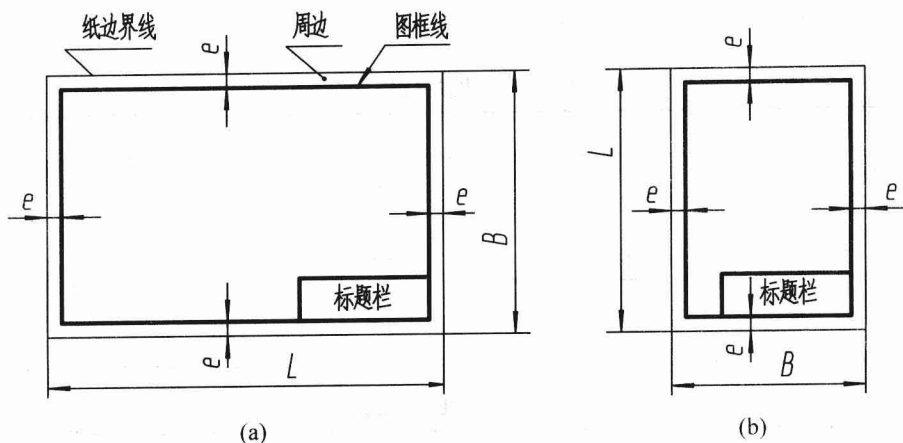


图 1-3 不需要装订图样的图框格式

(3) 为了利用预先印制好的图纸, 允许将 X 型图纸的短边置于水平位置使用, 如图 1-4(a)所示, 或将 Y 型图纸的长边置于水平位置使用, 如图 1-4(b)所示。

#### 4. 其他附加符号

为了阅读、管理图纸的方便, 图框线上还会出现一些附加符号, 如对中符号、方向符号(见图 1-5)及剪切符号和图幅分区符号等, 有关这些符号的画法及含义请参阅 GB/T 14689—1993 中的有关规定。

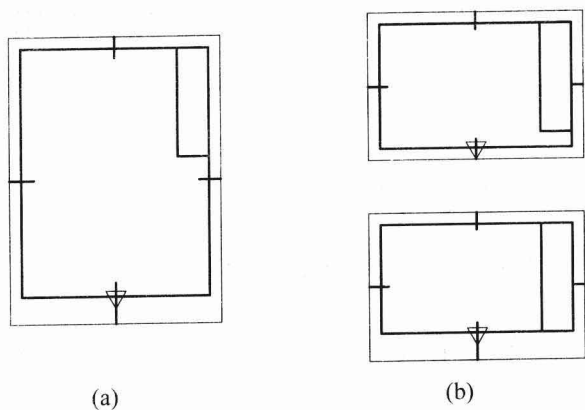


图 1-4 标题栏的方向

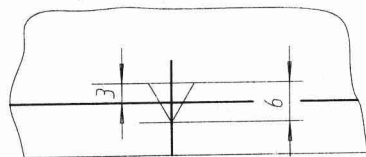


图 1-5 方向符号的画法

### 1.1.2 比例 (GB/T 14690—1993)

国家标准《技术制图》“比例”中, 规定了绘图比例及其标注方法。图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比称为比例; 比值为 1 的比例, 即 1:1, 称为原值比例; 比值大于 1 的比例, 如 2:1 等, 称为放大比例; 比值小于 1 的比例, 如 1:2 等, 称为缩小比例。需要按比例绘制图样时, 应在表 1-2 规定的系列中选取适当的比例,

必要时也允许选取表 1-3 中的比例。

表 1-2 绘图的优先比例

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

表 1-3 绘图的比例

种 类	比 例				
放大比例	4:1 $4 \times 10^n:1$	2.5:1 $2.5 \times 10^n:1$	—	—	—
缩小比例	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 $1:4 \times 10^n$	1:6 $1:6 \times 10^n$

绘制同一机件的各个视图时应尽量采用相同的比例，并在标题栏中比例项内填写，当某个视图需要采用不同比例时，必须另行标注。

比例一般填写在标题栏内，形式如 1:1、2:1 等；必要时，亦可标注在视图名称的下方或右侧，其形式如下所示：

$$\frac{A}{5:1} \quad \frac{B-B}{2:1} \quad \text{平面图 } 1:50$$

### 1.1.3 字体 (GB/T 14691—1993)

国家标准《技术制图》“字体”中，规定了汉字、字母和数字的书写形式。

书写字体的基本要求如下。

(1) 书写字体必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。各种字体的大小选择要适当。

(2) 字体高度用  $h$  表示，单位为 mm。其公称尺寸系列为：1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20。如需要书写更大的字体时，其字体高度应按  $\sqrt{2}$  的比率递增。字体高度代表字的号数。

(3) 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颁布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。汉字的高度  $h$  不应小于 3.5 mm，其字宽一般为  $h/\sqrt{2}$ 。长仿宋体汉字的书写要领是：横平竖直，注意起落，结构匀称，填满方格。

(4) 字母和数字分为 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  $1/10$ 。在同一图样上,只允许选用一种型式的字体。

(5) 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  $75^\circ$ 。

图 1-6 和图 1-7 所示为图样上常见字体的书写示例。

汉字应字体端正笔划清楚排列整齐间隔均匀

院校系专业班级姓名制图审核序号件数名称比例材料重量备注

螺栓螺母螺钉技术要求铸造圆角拔模斜度深度均布旋转球销锥热处理精度等级淬火

图 1-6 长仿宋体字



(a) 阿拉伯数字

I II III IV V VI VII VIII IX X

(b) 罗马数字

图 1-7 数字书写示例

### 1.1.4 线型及应用 (GB/T 4457.4—2002、GB/T 17450—1998)

国家标准《机械制图》“图线”中,规定了机械图样中各种图线的名称、线型及其画法。各种图线的名称、线型、代号、宽度及其在图上的一般应用如表 1-4 所示。

标准规定了九种图线宽度,推荐系列分别为: 0.13, 0.18, 0.25, 0.35, 0.5, 0.7, 1, 1.4, 2 mm。画图时应根据绘制图样的大小在这九种图线宽度中选取。

使用仪器绘图时,各种线型中线素的长度应符合表 1-4 的规定,表中的  $d$  为图线宽度。




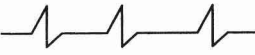




建筑图样上的图线采用三种线宽,比例关系是 4:2:1。

机械图样上的图线采用两种线宽,比例关系是 2:1。

机械图样上的图线线宽一般分为粗、细两种。制图作业中的粗线宽度  $b$  应按图的大小和复杂程度,在 0.5~2 mm 之间选择,粗线的宽度优先采用 0.7、1 mm,细线的宽度约为  $b/2$ 。应尽量避免图样中出现宽度小于 0.18 mm 的图线。

图线画法的有关规定如下。

表 1-4 线型及应用

代码	名 称	线 型	宽度 $d$		一 般 应 用
01.2	粗实线		0.7	0.5	可见轮廓线 可见过渡线
01.1	细实线		0.35	0.25	尺寸线及尺寸界线 剖面线、引出线等
	波浪线				断裂处的边界线 视图和剖视的分界线
	双折线				断裂处的边界线
02.1	虚线		0.7	0.5	不可见轮廓线 不可见过渡线
04.1	细点画线				轴线及对称中心线 轨迹线、节圆及节线
04.2	粗点画线		0.7	0.5	有特殊要求的线 限定范围的表示线
05.1	双点画线		0.35	0.25	断裂处的边界线 假想投影轮廓线

注：长画长  $24d$ ，中画长  $12d$ ，短画长  $6d$ ，点长  $\leq 0.5d$ ，短间隔长  $3d$ ，长间隔长  $18d$ 。

(1) 同一图样中的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  $0.7 \text{ mm}$ 。

(3) 绘制圆的对称中心线时，圆心应为线段的交点。点画线和双点画线的首、末两端应是线段而不是短画。

(4) 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。

### 1.1.5 尺寸标注（GB/T 4458.4—2003）

机械零件的形状可用图形来描述，但其大小必须依靠图样上标注的尺寸来确定，因此，尺寸标注是绘制工程图样的一项重要内容。国家标准《机械制图》“尺寸注法”（GB/T 4458.4—2003）中，规定了机械图样中标注尺寸的方法。

#### 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) 图样中的尺寸，以 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。

(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) 对机件的每一尺寸，图样中一般只标注一次，并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

## 2. 尺寸的组成要素

一个完整的尺寸应由尺寸界线、尺寸线、箭头和尺寸数字四个要素组成，如图 1-8 所示。

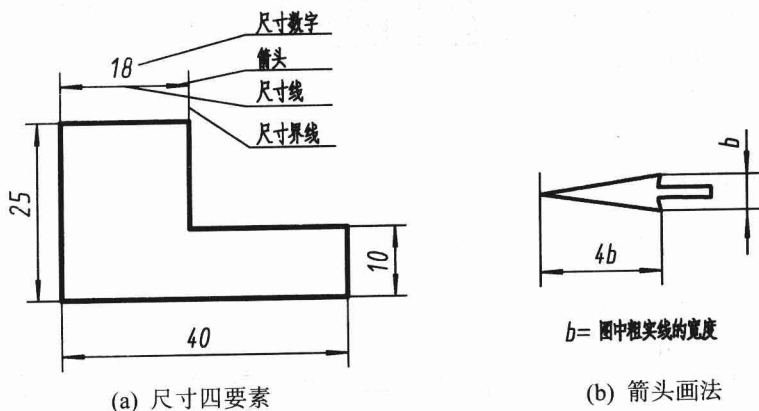


图 1-8 尺寸的组成要素和箭头画法

## 3. 尺寸注法

尺寸注法的基本规则如表 1-5 所示。

表 1-5 尺寸标注的基本规则

项目	说明	图例
尺寸界线	① 尺寸界线用细实线绘制，也可以利用中心线或轮廓线作尺寸界线	