



21世纪 高等职业教育规划教材

# 机械制图

(第五版)

主编 李业农



上海交通大学出版社  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

21 世纪高等职业教育规划教材

# 机械制图

(第五版)

李业农 主编

上海交通大学出版社

## 内 容 提 要

本书是在 2008 年版的基础上,参照高职高专院校机械类、机电类的教学基本要求,以及各方面的意见修订而成的高等职业技术教育规划教材。

本书内容包括:制图的基本知识和基本技能,点、直线、平面的投影、立体的投影,立体表面的交线,组合体视图,轴测投影图,机件的常用表达方式,零件图,标准件和常用件,装配图,计算机绘图,立体表面的展开,附表。全书采用了国家最新颁布的《机械制图》、《技术制图》国家标准及有关的其他标准,编写内容力求少而精。各章所列出的学习要点和思考题,是为了帮助学生掌握本章的学习要求和总结所学内容。

本书可作为高等职业教育类院校、高等专科学校及成人教育学院的机械类和非机械类专业的教材,也可供有关的工程技术人员参考。与本书配套的《机械制图习题集》也作了较大的修改,由上海交通大学出版社同时出版,可供选用。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械制图/李业农主编. —5 版. —上海:上海交通大学出版社,2010

21 世纪高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-313-01253-1

I. 机... II. 李... III. 机械制图—高等学校:技术学校—教材 IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 144697 号

### 机 械 制 图

(第五版)

李业农 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

上海交大印务有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:18 字数:439 千字

1993 年 11 月第 1 版 2010 年 8 月第 5 版 2010 年 8 月第 7 次印刷

印数:3 030

ISBN 978-7-313-01253-1/TH 定价:35.00 元

---

版权所有 侵权必究

## 再版前言

本书为高等职业技术教育类院校的机械制图规划教材,是在 2006 年版的基础上,参照高职高专院校机械类、非机械类的《机械制图》课程的教学基本要求,总结作者多年的教学经验修订而成的。

按照培养技术应用型人才的要求,本书力求少而精,重在加强实践性教学环节,突出学生绘制和阅读工程图样能力的培养;编写上注重保证基本内容,份量适中,难易适当,以符合高职高专类院校学生的学习状况。本书的基本特色反映在以下几个方面:

1. 根据高等职业教育的特点,理论部分以必需、够用为度,教材所有内容的选择,力求有针对性、实用性。要求读者在掌握基本概念、基本方法的基础上,强化基本技能的训练。
2. 在基本体、组合体、零件图和装配图等章节中,注重由浅入深、循序渐进,不断让学生做由物画图、由图想物的练习,培养学生的空间想象力。
3. 各章列出学习要点,帮助学生了解本章的学习目标和要求,通过各章思考题的练习,帮助学生总结所学内容。
4. 采用了国家最新颁布的《技术制图》、《机械制图》国家标准及与制图有关的其他标准。
5. 教材编写严谨、规范,文字精练,语言流畅,逻辑性强,图例丰富。
6. 考虑到部分院校计算机绘图内容单独设课,第 11 章仅介绍计算机绘图的一些基本内容。

与本书配套编写的《机械制图习题集》供学生练习使用。

本书由李业农教授主编,戴素江、邹建荣、张丽萍老师任副主编,编者有南通职业大学的李业农(绪论、第 1 章、第 2 章、附表);邹建荣(第 8 章、第 10 章);张丽萍(第 5 章、第 9 章);张瑞华(第 11 章);金华职业技术学院的戴素江(第 6 章);金波(第 7 章);淮南联合大学的王益民(第 3 章);孙晓东(第 4 章);南京化工职业技术学院的陈红扣(第 12 章)。

书中的缺点、错误敬请使用本书的师生及其他读者批评指正。

编者  
2010 年 7 月

# 目 录

绪论 .....	(1)
<b>第 1 章 制图的基本知识与基本技能 .....</b>	<b>(3)</b>
1.1 有关制图的国家标准简介 .....	(3)
1.2 绘图工具和仪器的使用 .....	(14)
1.3 几何作图 .....	(17)
1.4 平面图形的尺寸标注及线段分析 .....	(23)
1.5 画图的方法和步骤 .....	(25)
<b>第 2 章 点、直线和平面的投影 .....</b>	<b>(28)</b>
2.1 投影的基本知识 .....	(28)
2.2 点的投影 .....	(29)
2.3 直线的投影 .....	(33)
2.4 平面的投影 .....	(47)
<b>第 3 章 基本立体的投影 .....</b>	<b>(61)</b>
3.1 平面立体及其表面上点和线的投影 .....	(61)
3.2 曲面立体及其表面上点和线的投影 .....	(64)
<b>第 4 章 立体表面的交线 .....</b>	<b>(72)</b>
4.1 平面与立体相交 .....	(72)
4.2 两曲面立体相交 .....	(82)
<b>第 5 章 组合体视图 .....</b>	<b>(90)</b>
5.1 三视图的形成与投影规律 .....	(90)
5.2 画组合体视图 .....	(91)
5.3 组合体的尺寸标注 .....	(96)
5.4 读组合体视图 .....	(99)
<b>第 6 章 轴测投影图 .....</b>	<b>(107)</b>
6.1 轴测投影的基本知识 .....	(107)
6.2 正等测 .....	(108)
6.3 斜二测 .....	(113)
6.4 轴测剖视图 .....	(115)
<b>第 7 章 机件的常用表达方法 .....</b>	<b>(117)</b>
7.1 视图 .....	(117)
7.2 剖视图 .....	(120)
7.3 断面图 .....	(129)
7.4 局部放大图、简化画法与其他规定画法 .....	(131)

7.5	综合应用举例 .....	(135)
7.6	第三角投影法简介 .....	(138)
<b>第8章</b>	<b>零件图</b> .....	(141)
8.1	概述 .....	(141)
8.2	零件的视图 .....	(143)
8.3	零件的尺寸标注 .....	(148)
8.4	零件图上的技术要求 .....	(154)
8.5	零件上的常见工艺结构 .....	(168)
8.6	读零件图的方法 .....	(171)
8.7	画零件图 .....	(173)
<b>第9章</b>	<b>标准件和常用件</b> .....	(177)
9.1	螺纹和螺纹紧固件 .....	(177)
9.2	键连接、销连接 .....	(186)
9.3	滚动轴承 .....	(188)
9.4	齿轮 .....	(191)
9.5	弹簧 .....	(197)
<b>第10章</b>	<b>装配图</b> .....	(202)
10.1	装配图的作用和内容 .....	(202)
10.2	装配图的表达方法 .....	(203)
10.3	装配图的尺寸和技术要求 .....	(208)
10.4	装配结构的合理性 .....	(209)
10.5	画装配图 .....	(211)
10.6	读装配图与拆画零件图 .....	(213)
<b>第11章</b>	<b>计算机绘图</b> .....	(222)
11.1	计算机绘图系统 .....	(222)
11.2	AutoCAD 操作简介 .....	(223)
11.3	部分绘图命令 .....	(230)
11.4	部分编辑命令 .....	(233)
11.5	AutoCAD 的其他常用命令及作用简介 .....	(236)
11.6	绘图实例 .....	(237)
<b>第12章</b>	<b>立体表面的展开</b> .....	(240)
12.1	旋转法求一般位置直线的实长 .....	(240)
12.2	平面立体的表面展开 .....	(240)
12.3	可展曲面的表面展开 .....	(242)
12.4	球面的近似展开 .....	(245)
	<b>附表</b> .....	(247)
	<b>参考文献</b> .....	(279)

# 绪 论

## 学习要点:

- (1) 了解本课程所研究的主要内容及学习任务。
- (2) 熟悉本课程的学习方法。

机械图样是用来表达物体的形状、大小和技术要求的文件。在现代工业生产中,机器设备最初都是由设计人员将其设计思想表达在图样上的。制造人员根据图样来进行生产,制造出机器;使用维修人员则通过阅读图样了解机器的操作性能,并对其进行维修与保养,他们都离不开图样。所以图样是工业生产中的重要技术资料,是进行技术交流的重要工具,是工程界的技术语言。从事工程技术的人员都必须学习和掌握它。

## 本课程的主要内容及任务

本课程是研究绘制和阅读机械图样的原理和方法的一门技术基础课。主要内容有:

(1) 画法几何学,是用投影法来研究图示和图解空间几何问题的一门学科,是机械制图的理论基础。

(2) 机械制图,是应用画法几何的投影理论、制图的国家标准和一些机械制造知识,解决有关部门机械图样问题的学科。

(3) 计算机绘图,是通过将有关图形的数据以一定形式输入计算机,计算机对其进行各种处理,最后生成图形,并在显示器上显示出来,或由绘图机、打印机输出。它能及时、精确、高速、优质地绘制出许多手工难以绘制的图样。

本课程的特点是既有系统理论,又有较强的实践性。学习本课程的主要任务有:

(1) 学习正投影的基本理论及其应用,学习贯彻《技术制图》、《机械制图》国家标准及有关部门的规定。

(2) 培养绘制和阅读机械图样的基本能力。

(3) 培养空间想象能力和空间分析能力。

(4) 培养计算机绘图的初步能力。

(5) 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

## 本课程的学习方法

学习本课程应坚持理论联系实际学风,既要注重学好基本理论、基本知识和基本方法,又要练好自己的基本功,要多画、多读、多想。开始学习投影理论时,可以借助模型增加

感性认识,但不可长期依赖模型,要逐步提高自己的空间想象能力。

做习题时,应在掌握有关基本概念的基础上,按照正确的方法和步骤解题。要逐步熟悉并严格遵守《技术制图》、《机械制图》国家标准及有关部门规定,通过作业来提高自己的画图和读图能力。制图作业应做到:投影正确,线型粗细分明,视图选择与配置恰当,标注尺寸齐全,字体工整,图面整洁。

应注重了解计算机绘图的基本知识,了解其画图的基本方法,加强上机实践,只有这样才能不断地提高应用计算机绘图的能力。

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给生产带来损失,因此在学习中要养成认真负责、耐心细致的工作作风,决不能急躁和马虎。

本课程只能为学生的画图和读图能力打下初步的基础。随着后继课程的学习以及实践经验的积累,才能逐步地具备绘制合理的机械图样的能力。

## 我国的机械制图的发展概况

机械制图也与其他学科一样,是在长期的社会生产劳动中不断总结的基础上发展起来的,是伴随着机械制造业的成长、壮大而发展的。我国是世界文明古国之一,在机械制图方面也积累了很多经验,留下了丰富的历史遗产。

解放后,随着生产的恢复和科学技术的发展,我国十分重视机械制图的发展。1959年我国颁布实施了国家标准《机械制图》,并于1970年、1974年、1984年重新修订。在其他工程应用领域也分别制定了有关制图方面的国家标准和部颁标准。这些标准每隔几年或稍长一些时间,都要随着工农业的生产和发展而不断修订和增颁。进入20世纪90年代之后,为了与国际接轨,我国先后发布了《技术制图》与《机械制图》国家标准。尤其是最近5年,我国的科学技术和工农业生产迅速发展,标准的修订和增颁频繁,因而我们要时刻关注、了解和严格遵守执行现行的国家标准。

20世纪40年代发明了电子计算机,50年代出现了平台式电算绘图机。随着科学技术突飞猛进的发展,计算机得到了广泛的应用,特别是以计算机图形学为基础的计算机辅助设计技术推动了所有工业领域的设计革命。计算机绘图将逐步以其高精度、高效率、智能化取代传统仪器的手工绘图,随着科学技术的进一步提高,工程图学在图学理论、图学应用、图学教育、计算机图学、制图技术和制图标准等方面必将得到更快的发展。



# 第 1 章 制图的基本知识与基本技能

## 学习要点:

- (1) 建立“标准”的概念,掌握技术制图中的常用国标,在绘制工程图样时能自觉遵守国家标准。
- (2) 掌握常用的基本几何作图(任意正多边形、椭圆、锥度、斜度、弧线连接等)方法。
- (3) 学会正确使用绘图工具绘制平面图形;学会徒手绘图。
- (4) 掌握平面图形绘制方法及尺寸标注。

机械图样是设计和制造机械过程中的重要技术资料,是工程界的技术语言。为了便于指导生产和进行技术交流,国家标准《机械制图》与《技术制图》对图样的内容、格式、尺寸标注及绘图的方法都作了统一的规定,设计和生产部门都必须严格执行。本章首先摘要介绍国家标准关于机械制图的一些基本规定,然后介绍绘图工具和仪器的使用方法、几何作图、平面图形的尺寸标注及分析、圆弧连接及画图步骤等内容。

## 1.1 有关制图的国家标准简介

国家标准简称为“国标”,代号为 GB,在 GB 后加“/T”的为推荐性国家标准,在 GB 后不加“/T”的为强制性国家标准。国标编号的一般形式为 GB/T $\times\times\times\times\times$ — $\times\times\times\times$ ,前五个“ $\times$ ”为该标准的序号,后四个“ $\times$ ”为该标准颁布的年份。国家标准对机械图样的画法、尺寸标注等均做了统一的规定。

### 1.1.1 图纸幅面(GB/T14689—2008)和标题栏(GB/T10609.1—2008)

#### 1. 图纸幅面

绘制图样时,应优先采用如表 1.1 所规定的基本幅面。必要时按国标规定将幅面加长或加宽。

表 1.1 基本幅面及图框尺寸

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B\times L$	841 $\times$ 1189	594 $\times$ 841	420 $\times$ 594	297 $\times$ 420	210 $\times$ 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,其格式分为留装订边和不留有装订边两种,但同一产品的图样只能采用一种格式。

需要装订的图纸,其图框格式如图 1.1 所示,一般采用 A4 幅面竖装或 A3 幅面横装;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。

## 3. 标题栏

每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏的格式和尺寸按 GB10609.1—2008 的规定,如图 1.3 所示。标题栏的位置应位于图纸的右下角,如图 1.1 和图 1.2 所示。学校的制图作业可采用图 8.1 所示的标题栏。

### 1.1.2 比例(GB/T14690—1993)

比例是指图中图形与实物相应要素的线性尺寸之比。比例一般应从表 1.2 规定的系列中选用。必要时也允许选取表 1.3 中的比例。

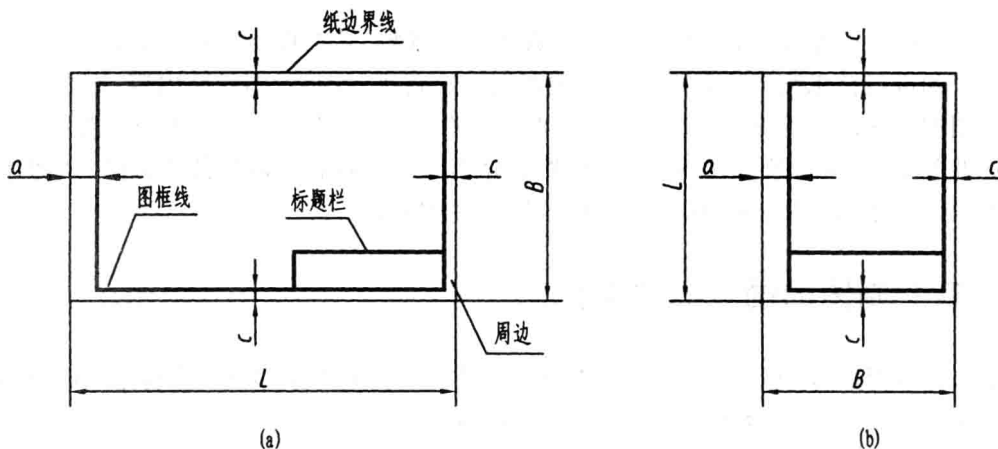


图 1.1 留装订边的图框格式

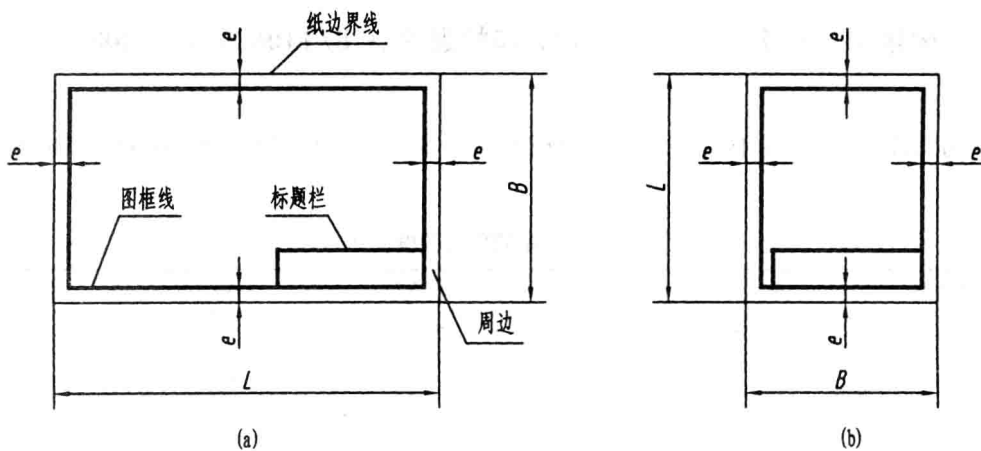


图 1.2 不留有装订边的图框格式

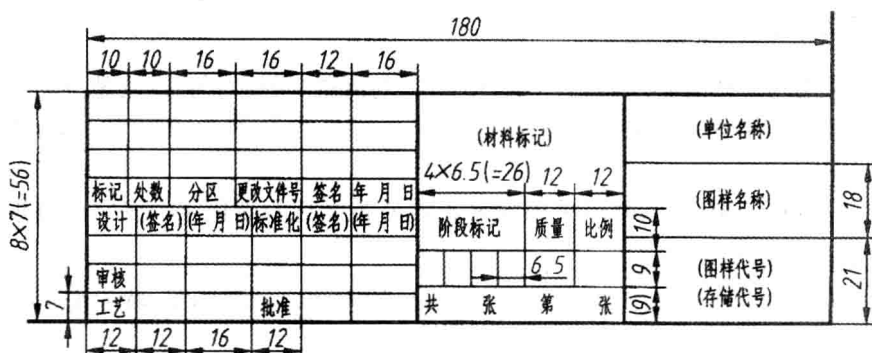


图 1.3 标题栏的格式

表 1.2 绘图的比例(一)

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

注:  $n$  为正整数。

表 1.3 绘图的比例(二)

种类	比	例			
放大比例	4 : 1	2.5 : 1			
	$4 \times 10^n : 1$	$2.5 \times 10^n : 1$			
缩小比例	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。

绘制同一机件的各个视图应采用相同的比例,并在标题栏中填写,例如 1 : 1。为了能从图样中得到实物大小的真实概念,应尽量采用 1 : 1 的比例画图。当机件不宜用 1 : 1 的比例画图时,也可以采用放大或缩小的比例画图,如图 1.4 所示。

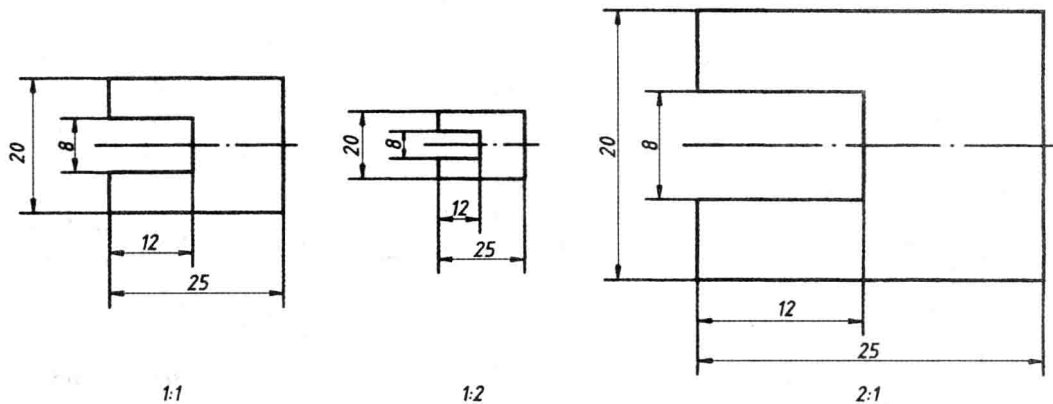


图 1.4 用不同的比例画图

### 1.1.3 字体(GB/T14691—1993)

在图样中书写字体时必须做到:字体工整,笔划清楚,间隔均匀,排列整齐。

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

汉字应写成长仿宋体字,并应采用国家正式公布推行的简化字。汉字的高度不应小于 3.5mm,其宽度一般为  $h/\sqrt{2}$ 。

书写长仿宋体字示例如图 1.5 所示。书写长仿宋体字的要领是:横平竖直,注意起落,结构匀称。

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 1.5 字体的示例

为了保证字体的大小一致和整齐,书写时可先画格子或横线,然后写字。

汉字的基本笔画为横、竖、撇、捺、点、挑、折、勾。其笔法可参阅表 1.4。

表 1.4 汉字的基本笔法

名称	横	竖	点	挑	撇	捺	折	勾
基本笔画及笔法			尖点				左折	竖勾 平勾
	平横		垂点		平撇		斜折	
示例	百七 下代	斗 门	心消 方光	沟找 公线			斜折	竖弯勾 横折弯勾 竖折弯勾
	余顺 千月		水泛 术分		双折		图安 凹及	

汉字通常由几部分组成,为了使所写的汉字结构匀称,书写时应恰当地分配各组成部分的比例,如图 1.6 所示。



图 1.6 汉字的结构分析

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。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  $75^\circ$ ,示例如图 1.7 所示。用作指数、分数、极限偏差、注脚等的数字和字母,一般应采用小一号的字体。

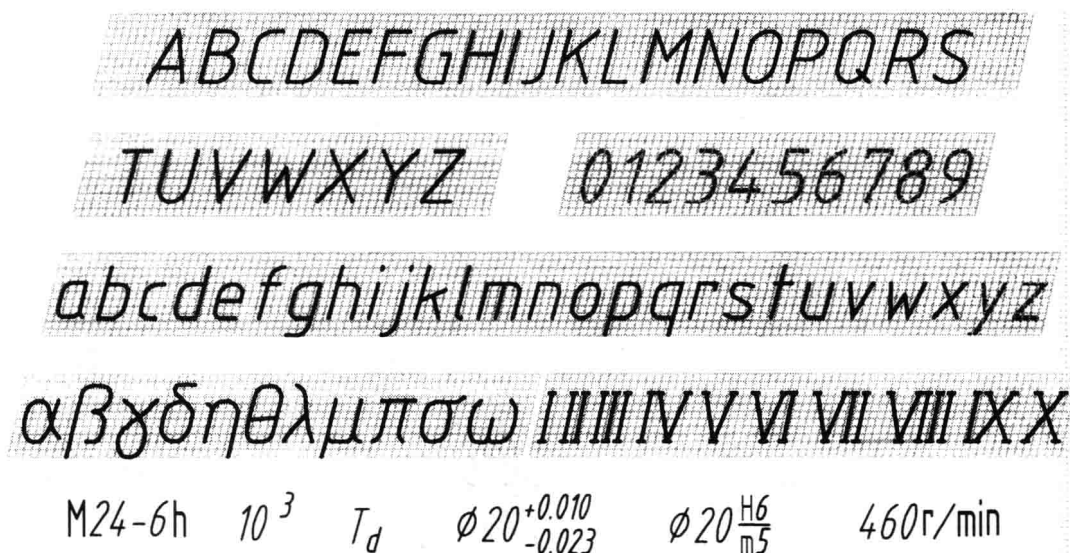








图 1.7 字体示例

#### 1.1.4 图线(GB/T17450—1998 和 GB/T4457.4—2002)

在机械图样中采用粗细两种线宽,它们之间的比例为  $2:1$ 。设粗线的线宽为  $d$ ,  $d$  应在  $0.25, 0.35, 0.5, 0.7, 1, 1.4, 2\text{mm}$  中根据图样的类型、尺寸、比例和缩微复制的要求确定,优先采用  $d=0.5$  或  $0.7$ 。

机械图样中图线的名称、代码、线型、一般应用以及应用示例,可查阅 GB/T4457.4—2002,表 1.5 列出了一些图线的主要用途。绘制图样时,应采用表 1.5 中规定的图线。图 1.8 是各种图线的应用示例。

表 1.5 图线的形式及应用

图线名称	图线型式	图线宽度	图线应用举例(见图 1.8)
粗实线		$d$	1. 可见轮廓线 2. 可见的棱边线
细实线		约 $d/2$	1. 过渡线 2. 尺寸线和尺寸界线 3. 剖面线 4. 重合断面的轮廓线
波浪线		约 $d/2$	1. 断裂处的边界线 2. 视图与剖视的分界线
细虚线		约 $d/2$	1. 不可见轮廓线 2. 不可见棱边线
细点画线		约 $d/2$	1. 轴线 2. 对称中心线 3. 分度圆(线)
双点画线		约 $d/2$	1. 相邻辅助零件的轮廓线 2. 可动零件的极限位置轮廓线 3. 成型前轮廓线 4. 剖切面前的结构轮廓线
双折线		约 $d/2$	断裂处的边界线
粗虚线		$d$	允许表面处理的表示线
粗点画线		$d$	限定范围表示线

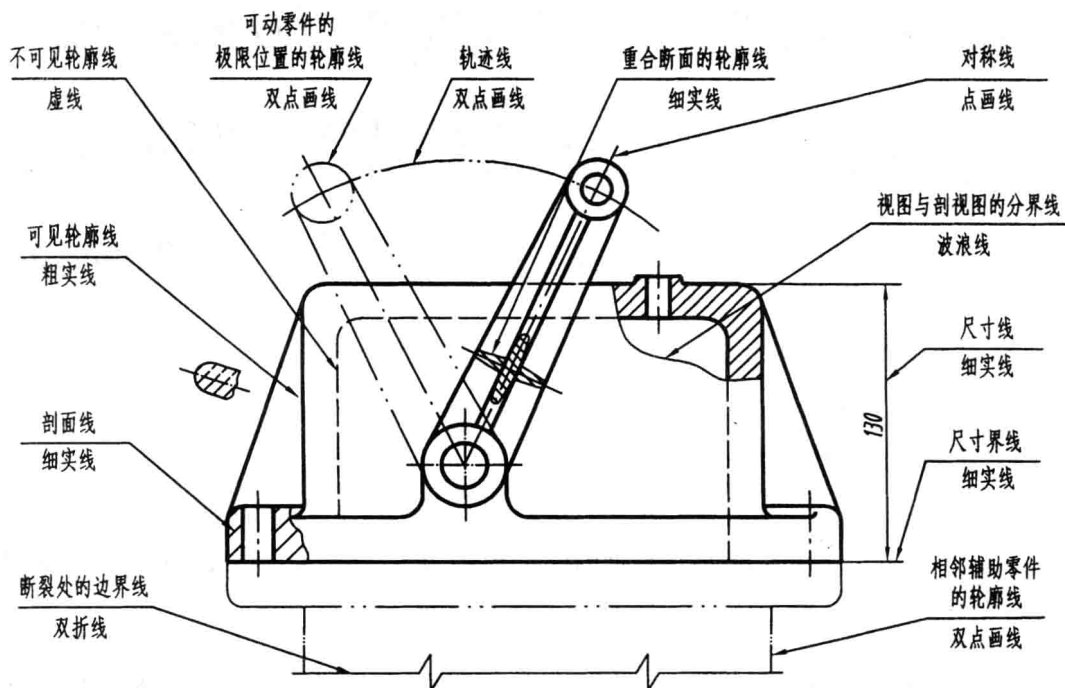


图 1.8 图线的应用示例

绘制图样时,应遵循以下几点,如图 1.9 所示:

(1) 同一图样中同类图线的宽度应基本一致。虚线、点画线和双点画线的短画、长画的长度和间隔应各自大小相等。

(2) 绘制圆的对称中心线(简称中心线)时,圆心应为长画的交点。点画线和双点画线的首末两端应是长画,不应是短画。

(3) 在较小的图形上绘制点画线和双点画线有困难时,可用细实线代替。

(4) 轴线、对称线、中心线、双折线和作为中断线的双点画线,应超出轮廓线 2~5mm。

(5) 当虚线处于粗实线的延长线上时,粗实线画到分界点,而虚线应留有间隙。当虚线圆弧与虚线直线相切时,虚线圆弧的短画应画到切点,而虚线直线需留有间隙。

(6) 点画线、虚线和其他图线相交时,都应在长画、短画处相交,不应在间隙或点处相交。

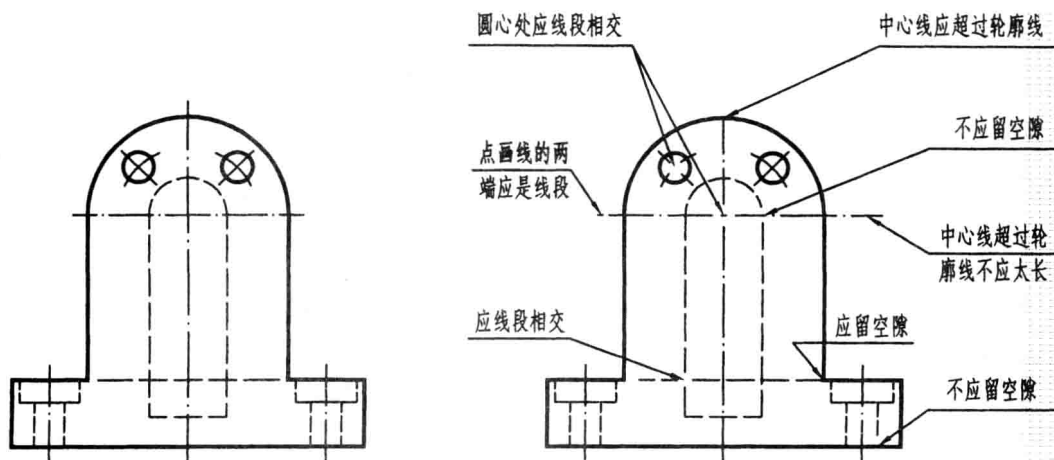


图 1.9 图线在相交、相切处的画法

### 1.1.5 尺寸注法(GB4458.4—2003,GB/T16675.2—1996)

图形只能表达机件的形状,而机件的大小由标注的尺寸确定。在画图时应严格遵守国家标准中的有关规定。

#### 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精确度无关。

(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)。如采用其他单位时,则应注明相应的单位符号。

(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

尺寸一般应包括尺寸数字、尺寸线、箭头、尺寸界线。

##### (1) 尺寸数字。

① 线性尺寸的数字一般应注写在尺寸线的上方,也允许写在尺寸线的中断处,如

图 1.10 所示。

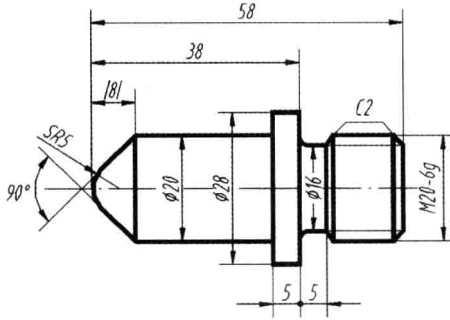


图 1.10 尺寸数字在尺寸线上的位置

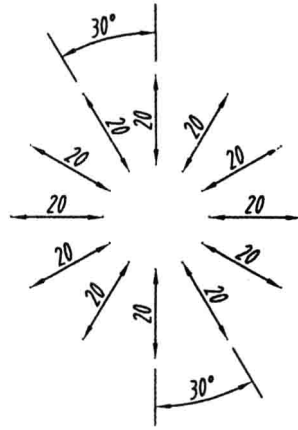


图 1.11 线性尺寸数字的注写方向

② 线性尺寸数字的方向，一般应采用第一种方法注写。即数字应按图 1.11 所示的方向注写，并尽可能避免在图示  $30^\circ$  范围内标注尺寸，当无法避免时，可按图 1.12 的形式标注。

在不致引起误解时，也允许采用第二种方法。即对于非水平方向的尺寸，其数字可水平地注写在尺寸线的中断处，如图 1.13 所示。

③ 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，如图 1.14(a)所示。必要时也可注写在尺寸线的上方或外面，也可引出标注，如图 1.14(b)所示。

④ 尺寸数字不可被任何图线所通过，不得已时要将图线断开，如图 1.15 尺寸 14 处所示。

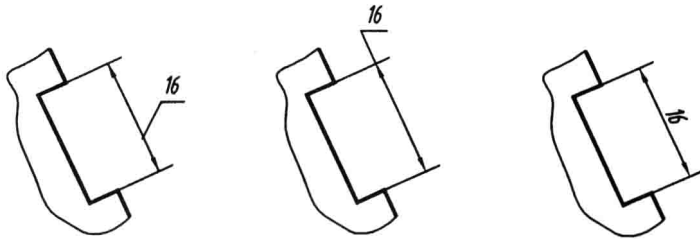


图 1.12 在  $30^\circ$  范围内的尺寸标注形式

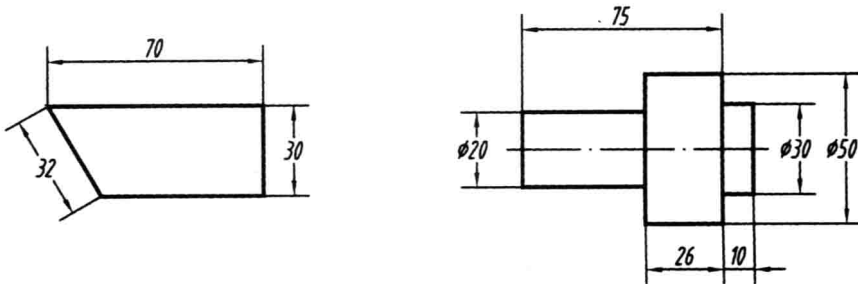


图 1.13 线性尺寸数字的第二种注写方法



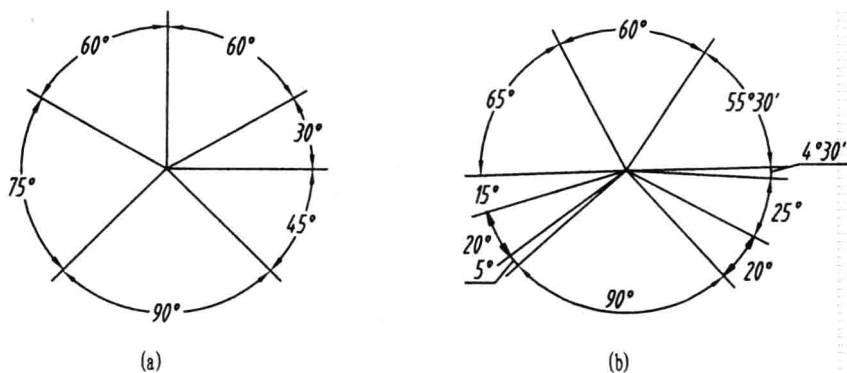


图 1.14 角度数字的注写方法

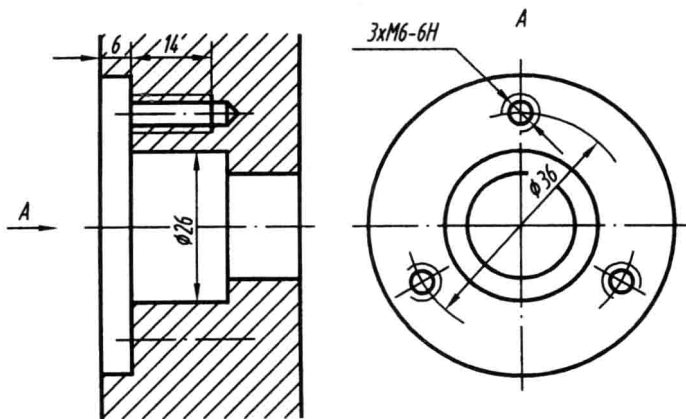


图 1.15 尺寸数字不能被图线通过

## (2) 尺寸线。

① 尺寸线用细实线绘制,其终端有下列两种形式:即箭头和斜线,如图 1.16 所示。

机械图样中一般采用箭头作为尺寸线的终端。箭头适用于各种类型的图样。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。

当尺寸线与尺寸界线垂直时,同一张图样中只能采用一种尺寸线终端的形式。

② 标注线性尺寸时,尺寸线应与所标注的线段平行。尺寸线不能用其他图线代替,一般也不得与其他图线重合或画在其延长线上。

③ 圆的直径和圆弧半径的尺寸终端应画成箭头。

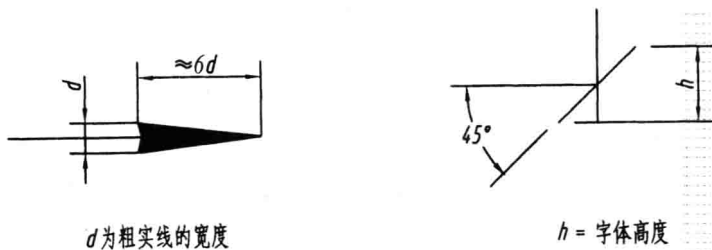


图 1.16 尺寸线终端的两种形式