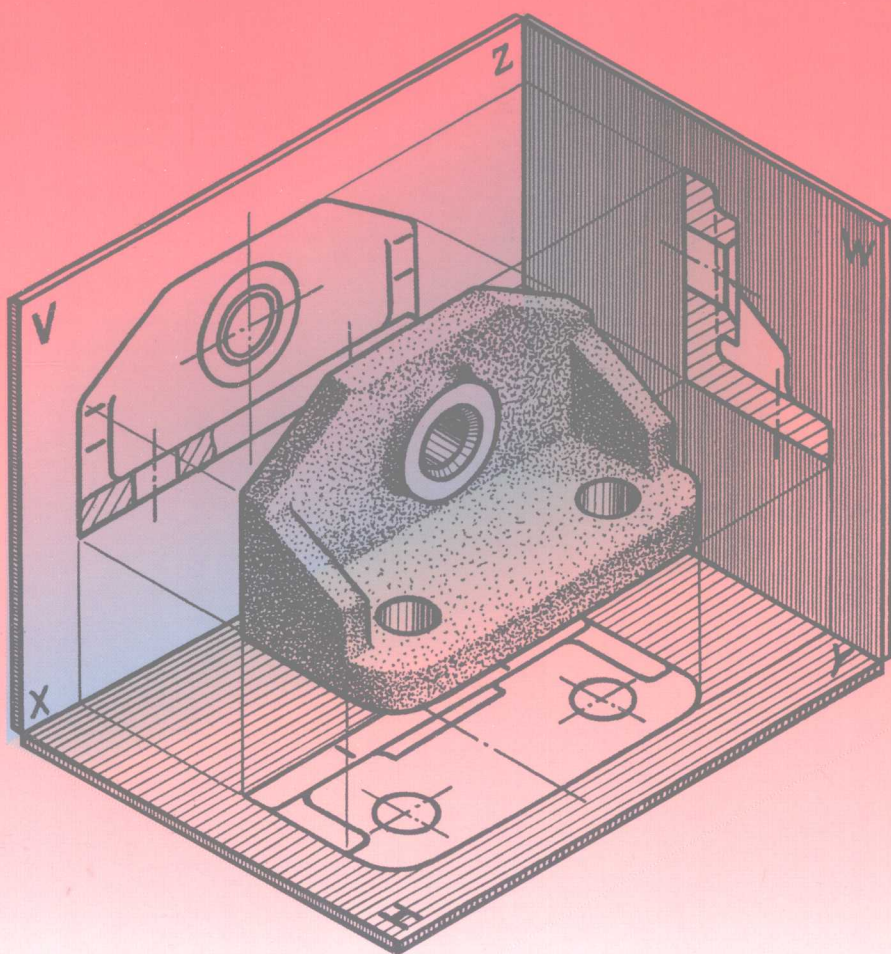


高等工科院校规划教材

机械制图

高雪强 主编



高等工科院校规划教材

机械制图

主 编 高雪强

副主编 印建平 葛敬侠 刘 芬

参 编 张景梅 贾广飞 崔振勇 石建玲

主 审 池建斌



机械工业出版社

本书根据教育部颁发的“画法几何及机械制图课程教学基本要求”，并结合编者多年教学经验及研究成果编写而成。

本书共分十二章，内容主要包括：制图的基本知识和技能；点、直线、平面的投影；投影变换；基本立体的投影；立体表面的交线；组合体的构形与表达；机件的常用表达方法；标准件和常用件；图样上的技术要求；零件图；装配图；计算机辅助绘图等。

本书可作为高等工科院校机械类、近机械类各专业课程教材，也可作为其他类院校相关专业教材，亦可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制图/高雪强主编. —北京: 机械工业出版社, 2008. 8

高等工科院校规划教材

ISBN 978-7-111-24877-4

I. 机… II. 高… III. 机械制图-高等学校-教材 IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 124785 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: 王海峰 责任编辑: 王德艳 版式设计: 霍永明

责任校对: 陈延翔 封面设计: 姚毅 责任印制: 邓博

北京四季青印刷厂印刷 (三河市杨庄镇环伟装订厂装订)

2008 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 21 印张 · 516 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-24877-4

定价: 33.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379178

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据教育部颁发的“画法几何及机械制图课程教学基本要求”，并结合编者多年教学经验及研究成果编写而成，供高等学校机械类、近机械类各专业作教材使用。

本书在编写过程中，主要考虑以下几点：

1. “机械制图”作为一门传统课程，随时代的发展而进行改革是必须的，但其系统性和完整性仍需继承。

2. 总结多年教学经验和研究成果，对原有教学内容进行了精炼和整合，遵循学生的认知规律，注重内容结构合理、层次清晰，循序渐进、由易到难，便于教学活动的顺利开展。

3. 为适应三维图样在工程界日益广泛的应用，将“轴测图”和“组合体三视图”合为“组合体的构形与表达”一章，实现了两者的有机融合和互补，增强学生创新能力的培养。

4. 将“图样上的技术要求”独立成章，是为了保证课程内容的系统性，强调其代号的识别和标注的重要性，为学习“零件图”、“装配图”等章节打好基础。

5. 为适应社会发展的需要，采用现代化的制图方法，将“计算机绘图”和“计算机三维造型设计”加入教学内容，构成“计算机辅助绘图”一章，丰富了课程体系。

与本套教材配套使用的《机械制图习题集》也由机械工业出版社同时出版。

本书自出版以来，历经数次修订编写，许多编者已相继离开教学工作岗位，他们为本书作出了许多贡献，并留下宝贵经验，在此表示深深的谢意。

本书由高雪强任主编，由石家庄铁道学院池建斌教授任主审。池建斌教授对书稿提出了许多宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢。

参加本次编写工作的有：印建平（第一章、第十二章）、高雪强（绪论、第二章、第三章、附录）、张景梅（第四章、第五章）、葛敬侠（第六章）、贾广飞（第七章）、刘芬（第八章）、崔振勇（第九章、第十章、附录）、石建玲（第十一章）。

由于编者水平所限，书中不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
第一章 制图的基本知识和技能	2
第一节 国家标准《机械制图》的基本规定	2
第二节 绘图工具和仪器的使用	12
第三节 几何作图	14
第四节 平面图形的画法	19
第五节 手工绘图	21
第二章 点、直线、平面的投影	24
第一节 投影法的基本知识	24
第二节 点的投影	25
第三节 直线的投影	31
第四节 平面的投影	39
第五节 直线与平面、平面与平面的相对位置	44
第三章 投影变换——换面法	51
第一节 换面法的基本概念	51
第二节 点的换面	52
第三节 直线的换面	53
第四节 平面的换面	54
第五节 空间几何问题综合分析	56
第四章 基本立体的投影	62
第一节 平面立体的投影	62
第二节 回转体的投影	66
第五章 立体表面的交线	73
第一节 平面与立体相交	73
第二节 两回转体相交	82
第六章 组合体的构形与表达	91
第一节 组合体的构形与分析	91
第二节 组合体的构形设计	95
第三节 组合体的视图表达	97
第四节 组合体视图的尺寸标注	100
第五节 组合体视图的阅读	105
第六节 组合体的轴测图表达	111
第七章 机件的常用表达方法	123
第一节 视图	123
第二节 剖视图	126
第三节 断面图	137
第四节 局部放大图和简化画法	139
第五节 机件表达方法综合举例	143
第六节 第三角投影简介	145
第八章 标准件和常用件	146
第一节 螺纹及螺纹联接件	146
第二节 键和销	158
第三节 滚动轴承	164
第四节 齿轮	167
第五节 弹簧	179
第九章 图样上的技术要求	183
第一节 公差与配合	183
第二节 形状和位置公差	190
第三节 表面粗糙度	195
第十章 零件图	201
第一节 零件图的作用和内容	201
第二节 零件表达方案的选择	201
第三节 零件图的尺寸标注	205
第四节 零件上常见的工艺结构	212
第五节 读零件工作图	217
第六节 零件测绘	227
第十一章 装配图	234
第一节 装配图的作用和内容	234
第二节 装配图的表达方法	236
第三节 装配图的视图选择	239
第四节 装配图的尺寸和技术要求	241
第五节 装配图的零部件序号和明细栏	242
第六节 装配结构的合理性	244
第七节 部件测绘与装配图的画法	247
第八节 读装配图和由装配图拆画零件图	252
第十二章 计算机辅助绘图	258
第一节 AutoCAD 界面及基本操作	258
第二节 基本二维图形的绘制	264
第三节 图形对象的编辑	268
第四节 尺寸及文本的标注与编辑	270
第五节 三维造型基础	275

附录	279	五、公差与配合	301
一、螺纹	279	六、形状和位置公差	323
二、螺纹紧固件	285	七、常用标准数据和标准结构	326
三、键和销	292	参考文献	328
四、常用的滚动轴承	296		

绪论

图形与文字、语言一样,是人类借以表达和交流信息的重要媒体之一。以图形为基础研究对象的“图形学”是一门最古老而又最现代的学科,历来是人们重要的学习内容和研究对象,机械制图是其中的一个分支。

一、本课程的研究对象

在工程技术界,无论是设计、施工或交流,都离不开图样。工程图样仍是机械制造、土木建筑等工程中的重要技术文件,有“工程界的语言”之称。

机械图样是表达零、部件或整台机器的图样,是机械行业在加工和检验零件、安装和调试机器的依据。

本课程主要研究绘制和阅读机械图样的基本理论和方法,学习国家标准《机械制图》和《技术制图》的相关内容。

二、本课程的性质和任务

本课程是工科院校中一门既有系统理论又有较强实践性的技术基础课,它包括:画法几何、制图基础、机械制图和计算机辅助绘图四部分内容。

本课程的主要任务是:

- 1) 学习正投影法的基本理论及应用。
- 2) 培养以图形为基础的形象思维能力。
- 3) 学习、贯彻国家标准《机械制图》和《技术制图》的有关规定。
- 4) 培养阅读和绘制机械图样的基本能力。
- 5) 培养计算机辅助绘图的基本技能。
- 6) 培养学生认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

三、本课程的特点和学习方法

本课程的特点是既有理论又偏重于实践,因此,学习时应注意:

(1) 理论联系实际,提高两个能力 本课程的核心内容是用投影法在二维平面上表达空间几何元素以及图解几何问题,图示和图解贯穿始终,因此,要理论联系实际,多想、多看、多画,不断地“由物画图,由图想物”,将投影分析与空间分析相结合,逐步提高空间想象能力和投影分析能力。

(2) 重视和强化实践环节 完成一定数量的习题和作业,是巩固基本理论和培养绘图、读图能力的基本保证,因此,对习题和作业应高度重视,认真、按时、优质地完成。

(3) 严格遵守国家标准 为了确保图样传递信息的正确与规范,“国家标准”对图样的具体绘制、标注方法及格式等都作了严格、统一的规定,因此,从开始学习时就要强化标准化意识,认真学习并严格贯彻国家标准的各项规定。

(4) 与工程实际相结合 本课程最终要服务于工程实际,因此,学习和积累相关工程实际知识,对于加强读图和绘图能力可以起到重要的作用。

第一章 制图的基本知识和技能

图样是工程技术人员表达设计思想、进行技术交流的工具，是现代机器制造过程中重要的技术文件，为此，绘制工程图样，必须要严格遵守国家标准《技术制图》和《机械制图》的有关规定，掌握必要的绘图技能和方法。本章重点介绍国家标准关于制图的有关规定、绘图工具和绘图仪器的使用、几何作图方法、平面图形的画法及手工绘图等内容。

第一节 国家标准《机械制图》的基本规定

本节介绍最新的国家标准《技术制图》和《机械制图》的部分内容，如：图纸幅面和格式、比例、图线、字体和尺寸标注等，其余内容在以后的有关章节中介绍。

一、图纸幅面和格式（GB/T 14689—1993）

1. 图纸幅面尺寸

绘制技术图样时，图纸幅面应采用表 1-1 中规定的基本规格，必要时可沿长边加长，如图 1-1 所示。图中粗实线所示为基本图幅，细实线和虚线所示为加长幅面。

表 1-1 图纸幅面规格

(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		

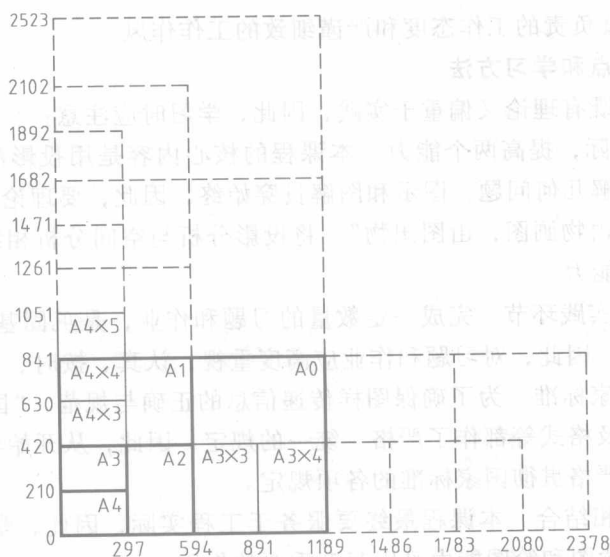


图 1-1 图纸幅面

2. 图框格式

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，但是同一产品的图样必须采取同一种格式。

不留装订边的图纸，其图纸格式如图 1-2 所示，留有装订边的图纸，其图框格式如图 1-3 所示，两种图纸周边尺寸 e 、 a 、 c 均按表 1-1 中规定选取。

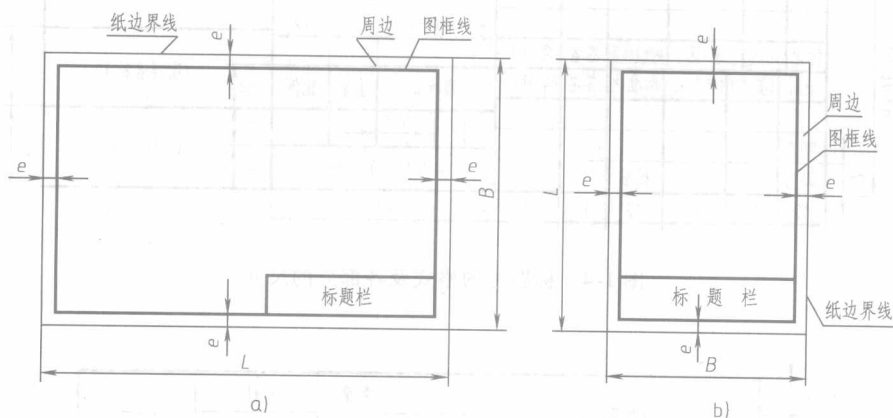


图 1-2 不留装订边的图框格式

a) X 型 b) Y 型

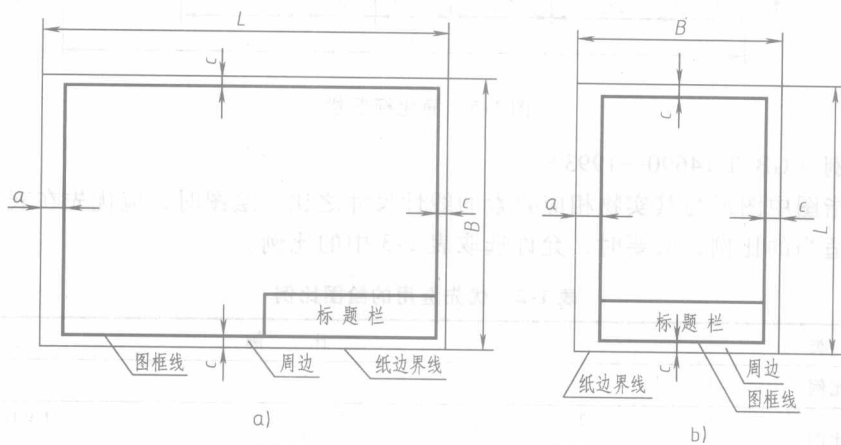


图 1-3 留有装订边的图框格式

a) X 型 b) Y 型

3. 标题栏的方位

绘图时，必须在每张图纸的右下角画出标题栏。当标题栏的长边置于水平方向并与图纸的长边平行时，构成 X 型图纸，如图 1-2a 与图 1-3a 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 1-2b 与图 1-3b 所示，此时，看图方向与看标题栏的方向一致。

4. 标题栏的格式

国家标准 GB/T 10609.1—1989 对标题栏的格式作了统一规定，如图 1-4 所示。为了学

习方便，建议学生作业中的标题栏采用图 1-5 的简化格式。

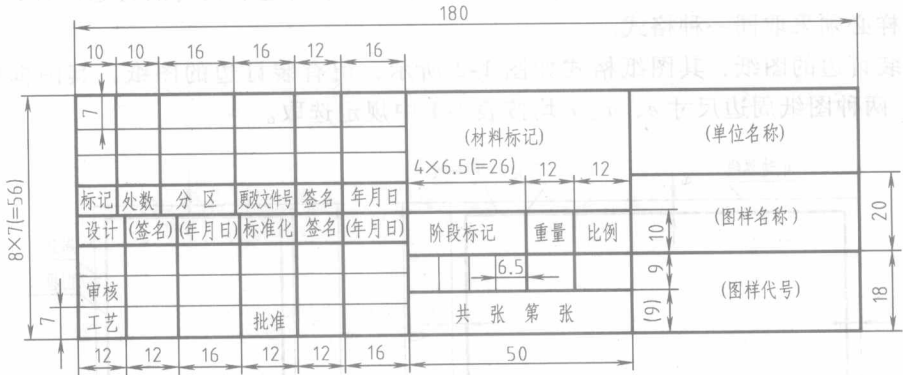


图 1-4 标题栏的格式及各部分的尺寸

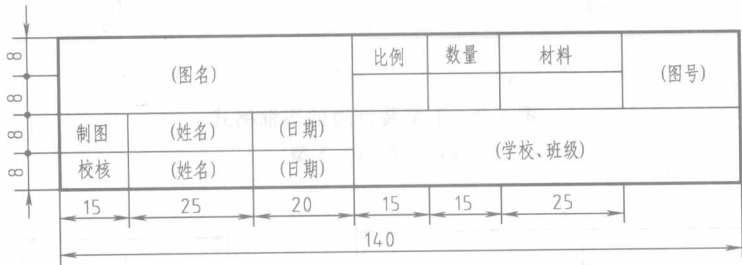


图 1-5 简化标题栏

二、比例（GB/T 14690—1993）

比例是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。绘图时，应优先在表 1-2 规定的系列中选取适当的比例，必要时，允许选取表 1-3 中的比例。

表 1-2 优先选用的绘图比例

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。

表 1-3 允许选用的绘图比例

种 类	比 例			
放大比例	4:1	$4 \times 10^n:1$	2.5:1	$2.5 \times 10^n:1$
	1:1.5	$1:1.5 \times 10^n$	1:2.5	$1:2.5 \times 10^n$
缩小比例	1:3	$1:3 \times 10^n$	1:4	$1:4 \times 10^n$

注：n 为正整数。

比例一般应标注在标题栏的比例一栏中，必要时，可在视图名称的下方或右侧标注比

例，如：

$$\frac{I}{2:1} \quad \frac{A}{100:1} \quad \frac{B-B}{2.5:1}$$

图形不论放大或缩小，图形上所注尺寸数值必须是物体的真实大小，带角度的图形，不论放大或缩小，仍应按实际角度绘制和标注。

三、字体（GB/T 14691—1993）

在技术制图和有关技术文件中，书写汉字、字母、数字时，必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

字体高度：字号代表字体的高度，单位为 mm，用 h 表示，其公称尺寸系列为：1.8, 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20。需要书写更大的字时，其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比例递增。

(1) 汉字 汉字应写成长仿宋体，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，其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

书写长仿宋体的要领是：横平竖直，注意起落，结构均匀，填满方格。书写时，笔画起落处应有笔锋，笔画应一笔写成，不要勾描。写成的字应该是字体细长、字型挺拔、棱角分明。

要写好长仿宋体字，应从基本笔画和结构布局两方面进行练习。

常用的长仿宋体字示例如图 1-6 所示。

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

3.5 号字

螺纹齿轮端子接线飞行指导驾驶舱位挖填施工引水通风闸坝坝棉麻化纤

图 1-6 长仿宋体字示例

(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 为字高 h 的 $1/14$ ，B 型字体的笔画宽度 d 为字高 h 的 $1/10$ 。同一图样上，只允许选用一种形式的字体。

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° ，如图 1-7 所示。

(3) 综合应用规定 用作指数、分数、极限偏差、注脚等的数字或字母，一般应采用小一号的字体，如图 1-8 所示。

大写斜体

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

小写斜体

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

斜体

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

直体

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

直体

I II III IV V VI VII VIII IX X

图 1-7 拉丁字母、阿拉伯数字和罗马数字示例

$\frac{6.3}{\triangle}$ R8 $\phi 20^{+0.010}_{-0.023}$

10 JS5 (± 0.003) M24-6h

$\phi 25 \frac{H6}{m5}$ $\frac{II}{2:1}$ $\frac{\frown A}{5:1}$

图 1-8 字体应用示例

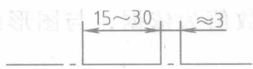
四、图线（GB/T 17450—1998 和 GB/T 4457.4—2002）

图样中的图形是由各种图线组成的。国家标准对图线的名称、形式、尺寸、应用和画法都作了规定，以便于绘图和技术交流。

1. 图线的形式及应用

国家标准 GB/T 17450—1998《技术制图 图线》规定了绘制各种技术图样的基本线型。实际应用时，机械、电气、建筑和土木工程等行业根据该标准制定出能满足本行业制图要求的图线标准。国家标准 GB/T 4457.4—2002《机械制图 图线》中规定了 8 种图线，见表 1-4。图线应用举例如图 1-9 所示。

表 1-4 图线

图线名称	图 线 形 式	图线宽度	一 般 应 用
粗实线		d	可见轮廓线
细实线		约 $d/2$	1. 尺寸线及尺寸界线 2. 剖面线 3. 重合断面的轮廓线 4. 螺纹的牙底线及齿轮的齿根线 5. 过渡线等
波浪线		约 $d/2$	1. 断裂处的边界线 2. 视图和剖视的分界线
双折线		约 $d/2$	断裂处的边界线
细虚线		约 $d/2$	不可见轮廓线
细点画线		约 $d/2$	1. 轴线 2. 对称中心线 3. 节圆及节线
粗点画线		d	限定范围的表示线
细双点画线		约 $d/2$	1. 相邻辅助零件的轮廓线 2. 极限位置的轮廓线 3. 轨迹线

2. 图线宽度

图线分粗、中、细三种，其宽度的比例为 4:2:1。机械制图中通常采用两种线宽，其比例关系为 2:1。绘制工程图样时，所有线型宽度应在以下系列中选择：0.13，0.18，0.25，0.35，0.5，0.7，1.0，1.4，2.0，单位为 mm。机械图样中常用粗线宽度建议采用 0.5mm 或 0.7mm。

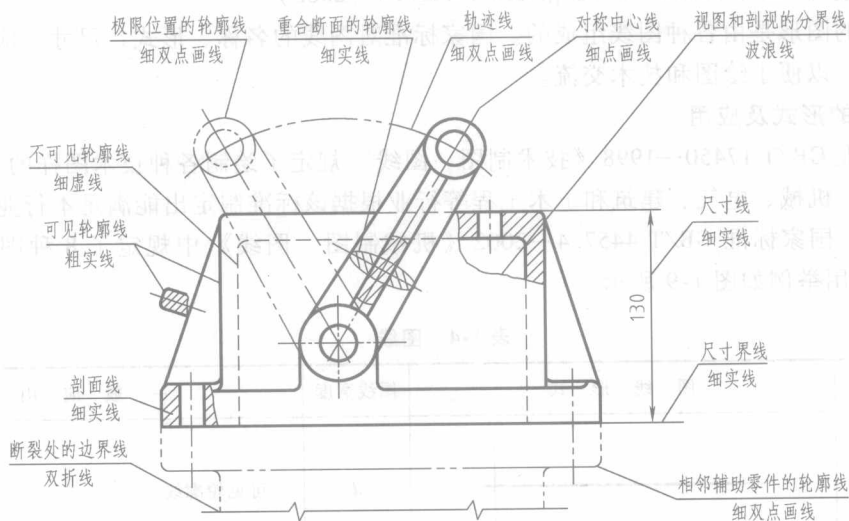


图 1-9 图线应用示例

3. 图线画法

在同一图样中，相同线型的宽度应保持一致。虚线、点画线及双点画线的线段长度及间隔应各自大致相等，并要特别注意图线之间在相交处的画法，如图 1-10 所示。

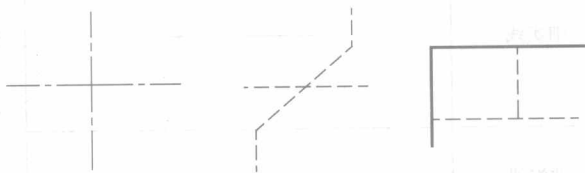


图 1-10 细虚线、细点画线画法举例

五、尺寸注法 (GB/T 4458.4—2003 和 GB/T 16675.2—1996)

图样中的图形可以表达机件的结构形状，而机件的大小和各部分的相对位置关系则需要用尺寸来确定。在图样中标注尺寸时，要遵守国家标准“尺寸注法 (GB/T 4458.4—2003)”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，一般以 mm 为单位，当以 mm 为单位时，不需标注其计量单位的代号或名称；若采用其他单位，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，一般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，在图样上一般只标注一次，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，一般由尺寸界线、尺寸线和尺寸数字（包括符号）组成，如图 1-11 所示。

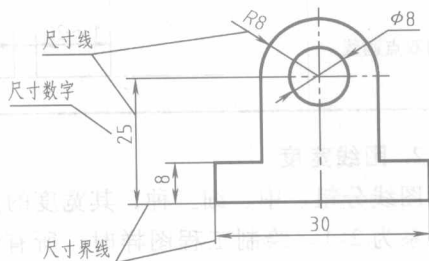
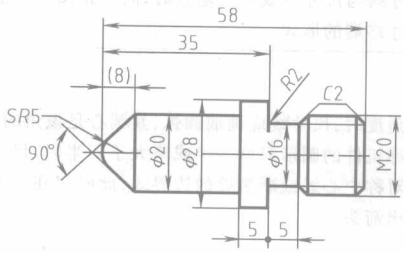
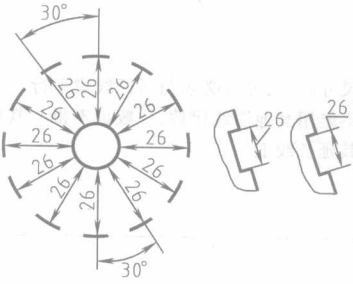
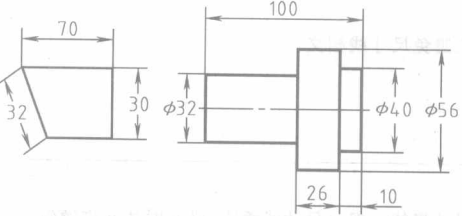
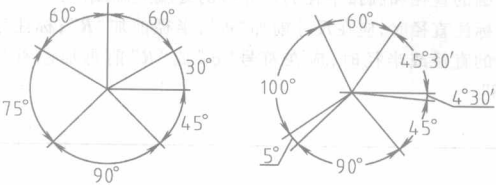
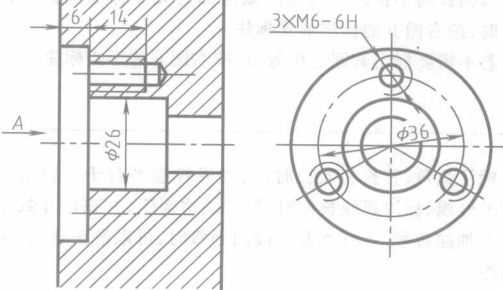


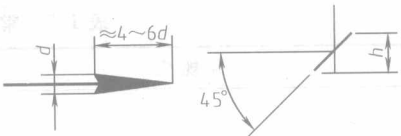
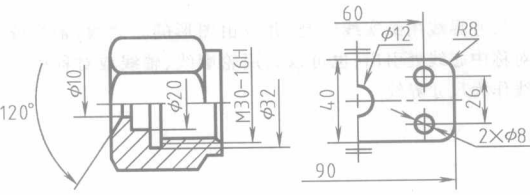
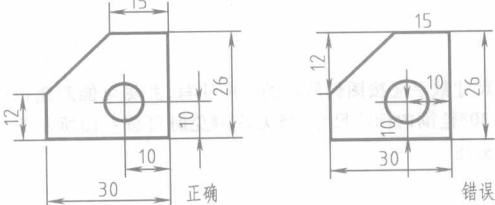
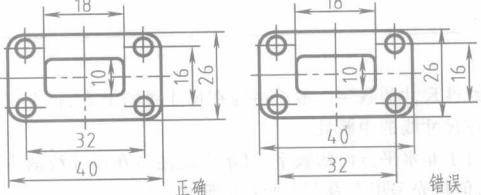
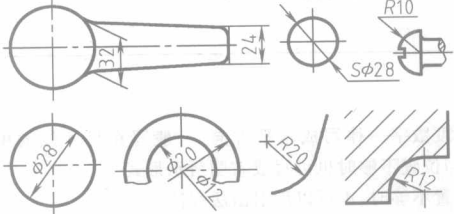
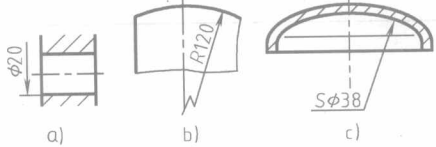
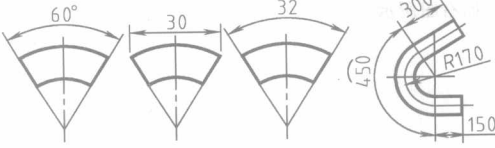
图 1-11 尺寸的组成

3. 常用尺寸标注的规定

常见尺寸标注的规定和示例见表 1-5。

表 1-5 常见尺寸标注的规定和示例

基本规定	标注示例
尺寸界线用细实线绘制,并应由图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出;也可以利用轮廓线、轴线或对称中心线作为尺寸界线	
尺寸数字应按图例所示的方向注写,并尽可能避免在图示 30°范围内标注尺寸,当无法避免时可按右图所示的形式标注	
线性尺寸的数值一般应注写在尺寸线的上方,也允许注写在尺寸线的中断处 对于非水平方向的数值,可水平地注写在尺寸线的中断处,但优先采用本表右图所示的形式 同一图样中尽可能用一种形式	
角度数字一律写成水平方向,一般写在尺寸线的中断处,当位置不够时也可写成右图所示形式 位置不够时,也可以用引出法标注	
尺寸数字不可被任何图线通过,否则,必须将该图线断开,如右图所示	

基本规定	标注示例
尺寸线用细实线绘制,其终端可以有以下两种形式: ①箭头:箭头的形式如右图所示,适用于各种类型的图样; ②斜线:斜线用细实线绘制,其方向和画法如右图所示 当尺寸线与尺寸界线相互垂直时,同一张图样只能采用一种尺寸终端的形式	
标注角度时,尺寸线应画成圆弧,其圆心是该角的顶点 当对称机件的圆形只画一半或略大于一半时,尺寸线应略超过对称中心线或断裂处的边界线,此时仅在尺寸线的一端画出箭头	
标线性尺寸时,尺寸线必须与所标线段平行 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	
应避免尺寸线相交	
尺寸界线一般与尺寸线垂直,必要时才允许倾斜 圆的直径和圆弧半径的尺寸线的终端应画成箭头 标注直径时,应在尺寸前加“ϕ”,半径前加“R”;标注球面的直径或半径时,应在符号“ϕ”或“R”前再加注符号“S”	
当圆弧的半径过大或在图纸范围内无法标出其圆心位置时,按右图 b 的标注形式标注 若不需要标出其圆心位置时,按右图 c 的形式标注	
标注弧角、弦长和弧长时,尺寸界线应平行于该弦的垂直平分线,标注弧线长度时,尺寸线用圆弧,并在尺寸数字上方加注符号“$\widehat{\hspace{0.5em}}$”;当有几段同心弧时,可以箭头指出,见右图	

(续)

基本规定	标注示例
当采用箭头时位置又不够的情况下,允许用圆点或斜线代替箭头 在没有足够的位置画箭头或注写数字时,按右图形式标注	
标注剖面为正方形结构时,可在正方形边长尺寸数字前加注符号“□”,或用“B×B”注出(B为正方形的边长),见右图	
标注板状零件的厚度时,可在尺寸数字前加注符号“t”,见右图	
斜度和锥度的符号画法与标注见右图所示符号的方向应与斜度和锥度的方向一致 符号的线宽 $d' = \frac{h}{10}$, h = 字体高度	

4. 标注尺寸的一般符号

标注尺寸时应尽可能用符号和缩写词,如表 1-6 所示。

表 1-6 标注尺寸的一般符号

名称	直径	半径	球直径 球半径	厚度	正方形	45°倒角	深度	沉孔或 锪平	埋头孔	均布	弧度
符号或 缩写词	ϕ	R	$S\phi$ SR	t	$\square$	C	$\downarrow$	$\perp$	∇	EQS	$\curvearrowright$