

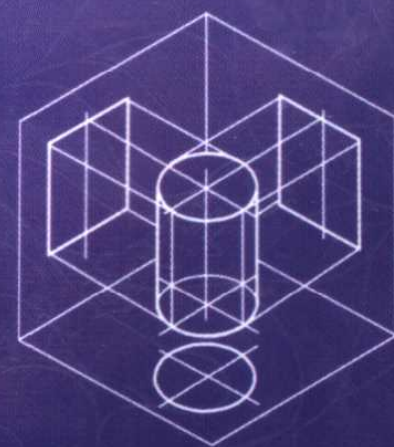
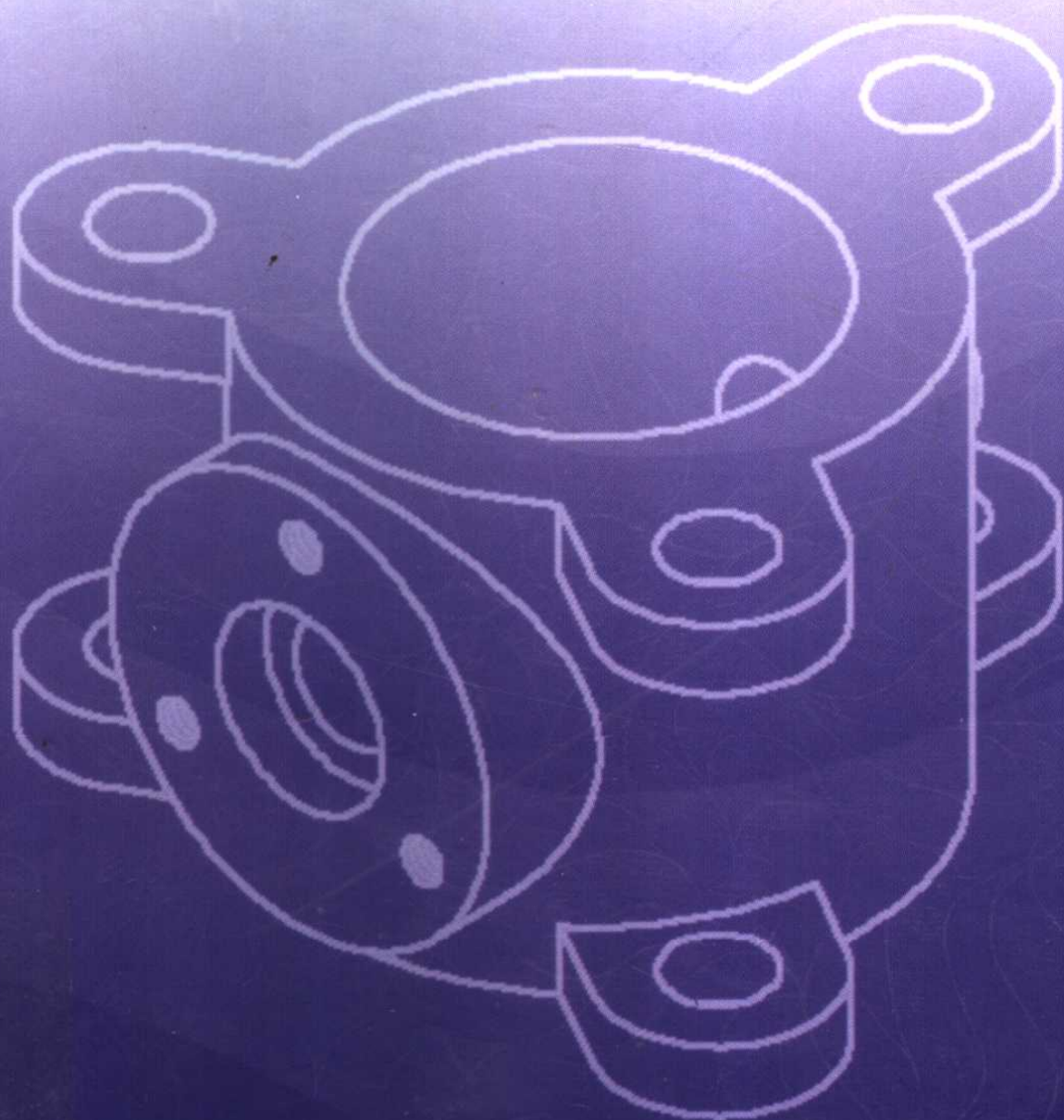


新世纪教改系列教材 · 省级精品课程教材

机械工程图学

JIXIE GONGCHENG TUXUE

田怀文 王伟 主编



JIXIE
GONGCHENG
TUXUE



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

新世纪教改系列教材·省级精品课程教材

TH126
186

机械工程学

田怀文 王 伟 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 提 要

本书以机械设计建模和设计表达为核心,整合画法几何、机械制图和计算机绘图与建模的相关内容,按三维到二维再到三维进行组织编排。本书既继承了传统内容的精华,又融入多年积累的教学改革和课程建设的经验,力求作为机械大类人才培养的基础教材。

全书分为14章,内容包括:国家标准技术制图的基本规定、制图基本知识,计算机辅助绘图基本知识,计算机辅助造型的基本原理,基本几何元素投影,基本体的投影,轴测投影,组合体三视图,机件表达方法,标准件和常用件,零件图,装配图等。

全书内容全面,讲解清晰,图例典型,易于学习。本书可作为工科大学机械类和近机类各专业本科生教材,亦可作为企业设计人员和工程技术人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程图学 / 田怀文, 王伟主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2006.8
新世纪教改系列教材·省级精品课程教材
ISBN 7-81104-286-X

I. 机... II. ①田...②王... III. 机械制图—高等学校—教材 IV. TH237

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第039969号

新世纪教改系列教材·省级精品课程教材

机 械 工 程 图 学

田怀文 王 伟 主编

*

责任编辑 张华敏

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段111号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 20.75 插页: 1

字数: 515千字 印数: 1—4 000册

2006年8月第1版 2006年8月第1次印刷

ISBN 7-81104-286-X

定价: 29.80元

图书如有印装问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书是根据高等学校工科教学指导委员会制定的“画法几何及工程制图课程教学基本要求”，参照国内外一些同类教材，总结多年来教学改革和课程建设实践中积累的经验，针对本科生教学的特点编写的。在本书的编写过程中，编者遵照教育部提出的加强素质教育、提高创新能力的基本精神，以培养机械设计能力和设计表达能力为目标，注意机械制图与其他基础系列课程的联系，力求使本书成为培养机械设计创新能力的基础教材。

本书在内容体系上，以机械设计建模和设计表达为核心，按三维到二维再到三维进行展开，整合画法几何、机械制图和计算机绘图与建模的相关内容。继承了传统内容的精华，并融入编者多年教学经验，力求内容全面，讲解清晰，图例典型，易于学习。本书不仅适用于本科教学作为教材，亦可作为企业设计人员和工程技术人员自学参考书。

本书具有以下几个特点：

1. 由浅入深，以画法几何为理论基础，逐渐深入到技术制图的实践中，符合读者学习制图的基本规律，能调动学习的积极性；
2. 书中讲解的方法和所选图例均比较典型，覆盖面广。使读者在有限的篇章中，尽可能多地了解技术制图的相关知识；
3. 突出实用性和先进性。加强了机械制图中的结构设计和工艺要求内容，继承传统理论知识，引入现代前沿知识，培养读者的形象思维和创新能力；
4. 采用最新国家标准。根据需要选择并分别编写在正文或附录中，培养读者贯彻最新国家标准的意识和查阅国家标准的能力；
5. 计算机辅助绘图和计算机辅助造型侧重于原理的介绍，而不是讨论具体的软件使用。既可帮助读者提升有关的理论知识，也增强了教材的适应性；
6. 精心设计配套习题集，确保基本功训练和强化实践性教学环节。在课程实践环节中，注意正确处理徒手绘图、仪器绘图和计算机绘图三者之间的关系，注重培养科学、严谨、求实的作风及对工程知识、技能的应用能力。

参加本书编写工作的有：田怀文（第2章、第10章、第13章、第14章），王伟（第8章、第9章、第11章）、王及忠（第7章）、宋振宇（第4章）、杜宏明（第6章）、尹海涛（第5章）、张玲玲（第3章）、蒋淑蓉（第1章）、黄祥建（第12章）。孙丽丽、罗扬、李丹、兰纯纯参与了本书插图的绘制工作。

本教材由田怀文、王伟主编，全书田怀文统稿。西南交通大学刘锡彭、王及忠、宋振宇、曾明华、梁萍等老师对本书提出了宝贵意见。

在编写本书的过程中，编者参考了国内外一些同类书籍，特此致谢，同时，向为本书编写出版付出辛勤劳动的各位专家、编辑及相关同志表示感谢。

限于编者能力，书中难免有不妥和错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

2006年7月于成都

目 录

第 1 章 制图的基本知识和基本技能	1
1.1 制图的基本规定	1
1.2 几何作图	12
1.3 平面图形的分析及作图步骤	18
1.4 平面图形的尺寸标注	20
1.5 绘图工具和仪器的使用	24
1.6 绘图方法	27
第 2 章 计算机辅助绘图	30
2.1 计算机绘图系统	30
2.2 基本的图形处理技术	32
2.3 计算机辅助绘图软件	36
第 3 章 投影制图基础	41
3.1 投影法概述	41
3.2 点的投影	44
3.3 直线的投影	48
3.4 平面的投影	53
3.5 投影变换	57
第 4 章 直线与平面及平面与平面的相对位置	62
4.1 直线与平面平行及平面与平面平行	62
4.2 直线与平面相交及平面与平面相交	64
4.3 直线与平面垂直及平面与平面垂直	70
4.4 综合问题图解实例	75
第 5 章 平面立体	78
5.1 基本平面立体	78
5.2 平面与基本平面体相交	82
第 6 章 曲线与曲面立体的投影	87
6.1 曲线	87
6.2 曲面	90

6.3	平面与曲面体相交	94
第 7 章	立体与立体相交	103
7.1	立体相交与相贯线	103
7.2	平面体与平面体相交	103
7.3	平面体与曲面体相交	106
7.4	曲面体与曲面体相交	110
7.5	三个曲面立体相交	120
7.6	两曲面立体相交的特殊情况	122
第 8 章	轴测图	124
8.1	轴测投影的基本知识	124
8.2	正等轴测图的画法	126
8.3	斜二轴测图的画法	132
第 9 章	组合体视图及尺寸注法	135
9.1	三视图的形成及关系	135
9.2	组合体的组成分析	136
9.3	组合体视图的画法	138
9.4	组合体的尺寸注法	142
9.5	组合体视图的阅读	146
第 10 章	几何造型与构形设计	154
10.1	几何造型概述	154
10.2	实体造型原理	156
10.3	三维图形变换	159
10.4	三维实体表示方法	163
10.5	组合体的构形设计	165
第 11 章	机件的常用表达方法	170
11.1	表达机件外形的方法	170
11.2	剖视图	173
11.3	断面图	181
11.4	简化画法和其他表达方法	183
11.5	轴测剖视图的画法	186
11.6	第三角投影法简介	188
第 12 章	标准件和常用件	190
12.1	螺 纹	190
12.2	螺纹紧固件	197
12.3	齿 轮	203

12.4	键、花键和销	211
12.5	弹 簧	217
12.6	滚动轴承	220
第 13 章	零件图	226
13.1	零件概述	226
13.2	零件图及其基本内容	230
13.3	零件表达方案的制订	232
13.4	零件的尺寸标注	236
13.5	零件的技术要求	241
13.6	典型零件的图样画法分析	255
13.7	读零件图	262
13.8	零件测绘	262
第 14 章	装配图	270
14.1	装配图的基本内容	270
14.2	装配图的图样表达画法	273
14.3	装配图中的尺寸标注	276
14.4	装配图中的零件序号和明细栏	277
14.5	典型的装配工艺结构	279
14.6	部件测绘与装配图绘制	281
14.7	读装配图和拆画零件图	289
附 录	295
参考文献	323

第1章 制图的基本知识和基本技能

本章将重点介绍中华人民共和国国家标准《技术制图》和《机械制图》中的基本规定，它是绘制图样的重要依据。另外还介绍绘图工具的使用方法与绘图基本技能、几何作图方法及平面图形的尺寸分析和绘图步骤等。

1.1 制图的基本规定

机械图样是机械设计和制造过程中的重要技术资料，是交流设计思想的语言，即工程师语言。显然，图样要能用于交流，则必须遵守规范，即对图纸规格、图样画法、尺寸标注等都必须作出统一规定。我国在1959年首次颁布了国家标准《机械制图》，这是我国颁布的一项重要技术指标，统一规定了有关机械方面的生产和设计部门共同遵守的画图规则。国家标准（简称国标）的代号是国标汉语拼音首写字母“GB”。在GB/T14689~14691—93、GB4457.4—84和GB4458.4—84中，分别对图纸幅面及格式、比例、字体和尺寸注法作了规定。

1.1.1 图纸幅面和标题栏

图纸幅面是指绘制图样所采用的图纸的宽度和长度所组成的图面。图纸幅面和格式由国家标准GB/T14689—1993规定。绘制图样时，应优先采用表1.1中规定的基本幅面。

表 1.1 图纸的基本幅面及图框尺寸（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
a	25				
c	10			5	
e	20		10		

必要时可以沿长边加长。对于A0、A2、A4幅面，其加长量应按A0幅面长边的八分之

一的倍数增加；对于 A1、A3 幅面，其加长量应按 A0 幅面短边的四分之一的倍数增加；A0 及 A1 幅面也允许同时加长两边。

绘图时，图纸可以竖放（短边水平）或横放（长边水平）。图纸上限定绘图区域的线框称为图框，图框线用粗实线绘制，其格式可按是否留有装订边分为两种：需要装订的图样，必须留装订边，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；不需要装订的图样，只要将图 1.1 中的尺寸 a 和 c 都改为 e 即可，如图 1.2 所示。

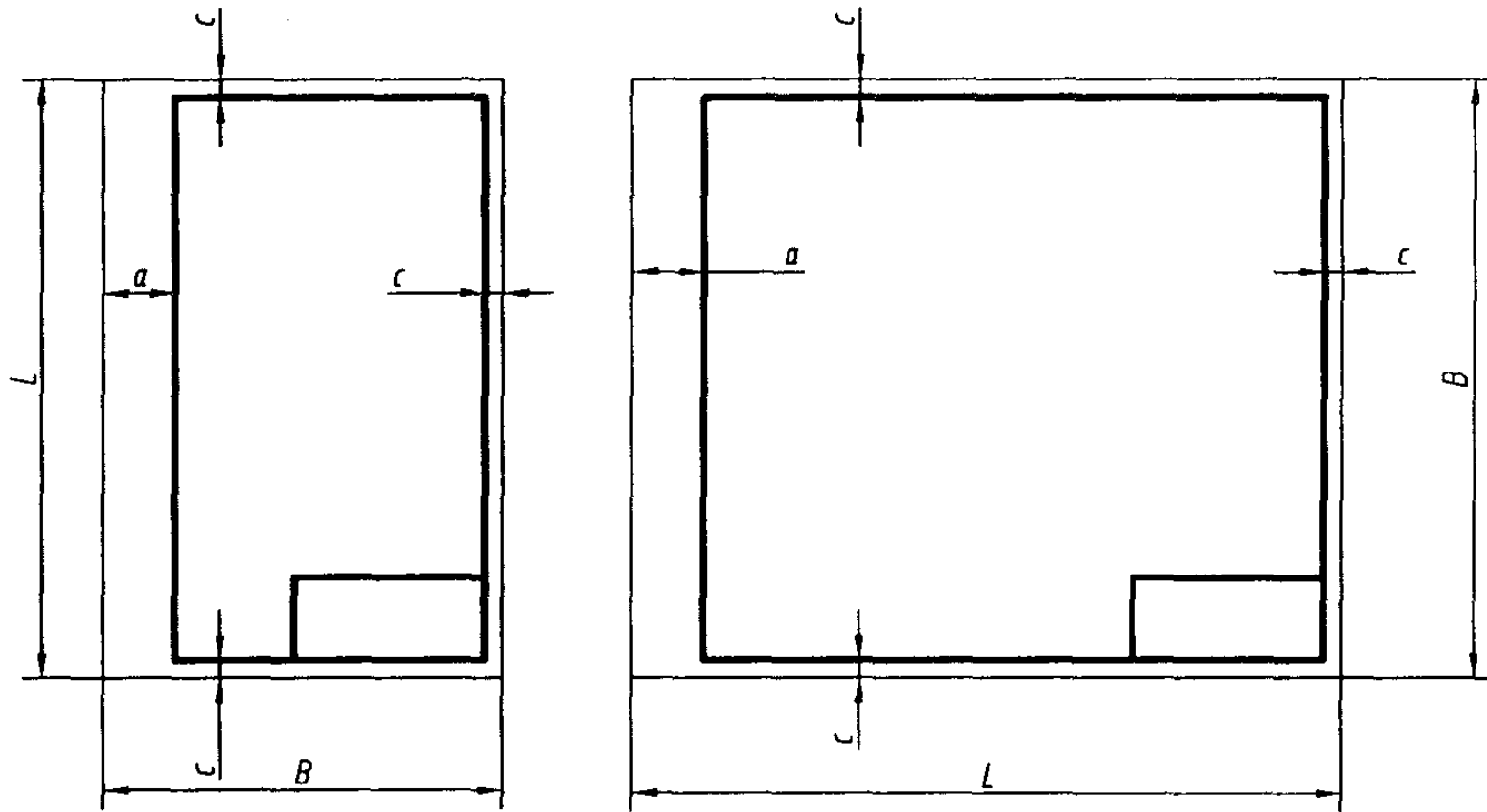


图 1.1 需要装订的图样

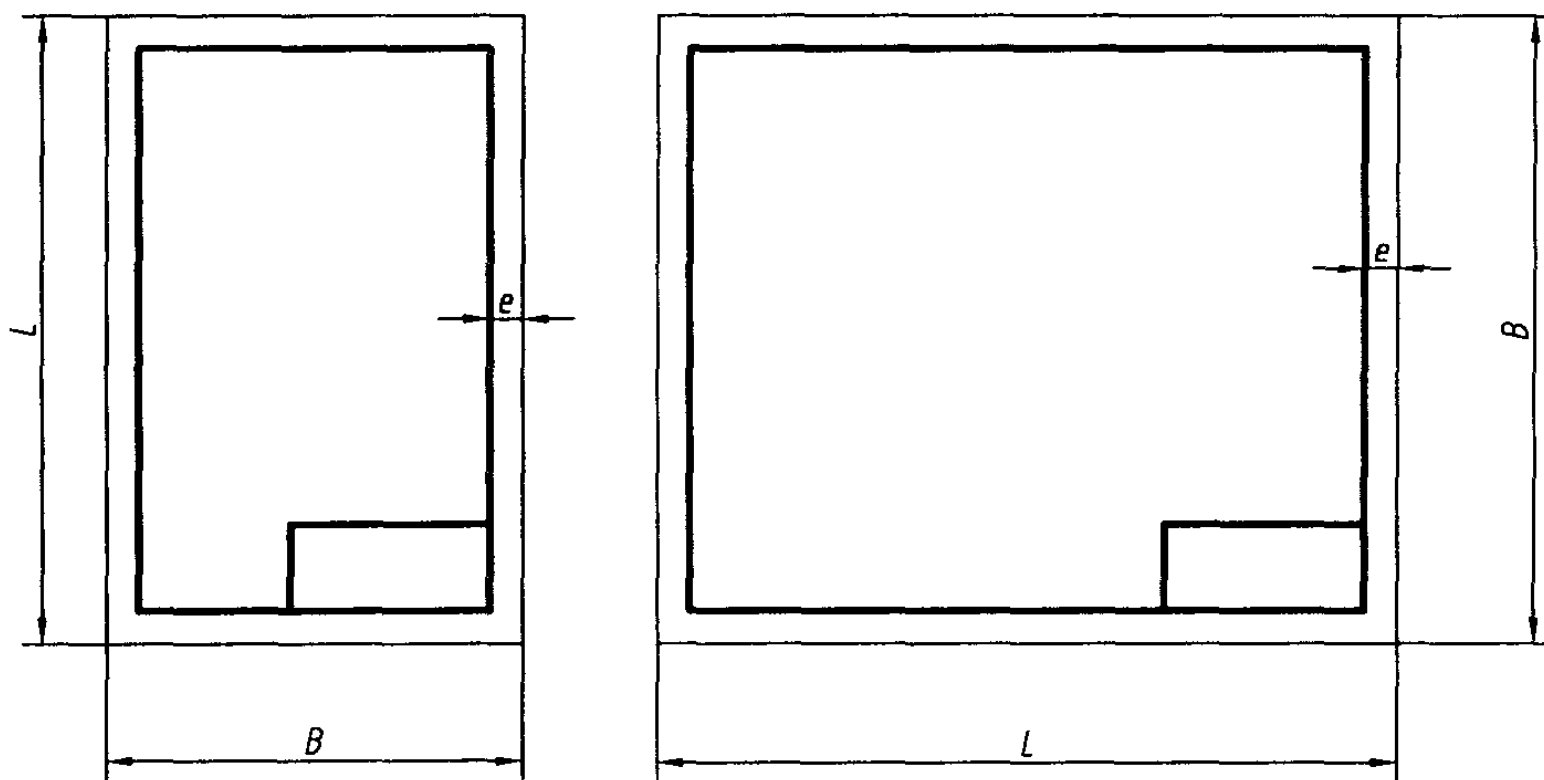


图 1.2 不需要装订的图样

标题栏是由名称、签字区、更改区等组成的栏目，是图样上必不可少的。标题栏的位置应按图 1.1 配置，即在图纸上位于看图方向的右下角，标题栏的底边与下图框线重合，右边与右图框线重合。

国家标准 GB/T 10609—1989 中对标题栏的格式和内容作出了规定，各个设计单位可根据需要进行增减改变，在制图作业中建议采用图 1.3 所示的格式。

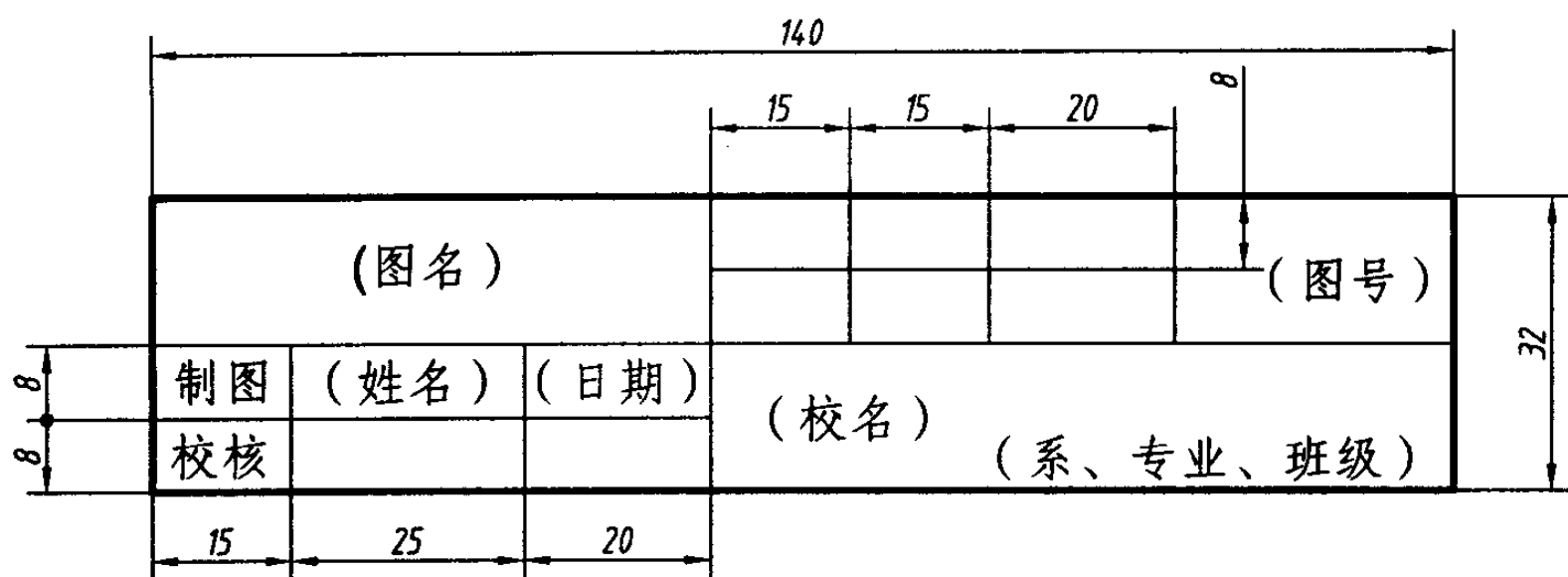


图 1.3 标题栏格式

1.1.2 比 例

图样中，机件要素的线性尺寸与实际机件相应要素的线性尺寸之比，称为图样的比例。图形画得比相应的实物大时，其比值大于 1，称为放大比例；图形画得比相应的实物小时，其比值小于 1，称为缩小比例；图形画得和相应的实物一样大小，比值为 1，称为原值比例。

国家标准 GB/T 14690—1993 中对图样中比例的选用作了规定。绘制图样时，一般从表 1.2 中规定的系列里选取不带括号的适当比例，必要时也允许选取带括号的比例。

绘制同一机件的各个视图应采用相同的比例，并在标题栏的比例项中填写，当某个视图需要采用不同的比例时，必须另行标注。比例的标注采用数学比例形式，中间比号为“：”，如 1：1、1：2 等。

表 1.2 比 例

与实物相同	1 : 1
缩小的比例	(1 : 1.5) 1 : 2 (1 : 2.5) (1 : 3) (1 : 4) 1 : 5 (1 : 6) 1 : 1 × 10 ⁿ (1 : 1.5 × 10 ⁿ) 1 : 2 × 10 ⁿ (1 : 2.5 × 10 ⁿ) (1.3 × 10 ⁿ) (1 : 4 × 10 ⁿ) (1 : 5 × 10 ⁿ) (1 : 6 × 10 ⁿ)
放大的比例	2 : 1 (2.5 : 1) (4 : 1) 5 : 1 1 × 10 ⁿ : 1 2 × 10 ⁿ : 1 (2.5 × 10 ⁿ : 1) (4 × 10 ⁿ : 1) 5 × 10 ⁿ : 1

注：n 为正整数

1.1.3 字 体

字体是指图样中文字、字母、数字的书写形式。国家标准 GB/T 14691—1993 中规定了对字体的要求。

1. 一般规定

- ① 图样中书写的字体必须做到字体端正、笔画清楚、排列整齐、间隔均匀。
- ② 汉字应写成长仿宋体，并应采用国家正式公布推行的简化汉字。
- ③ 数字及字母应按照规定的式样书写（见后）。可采用直体或斜体，斜体字字头向右倾斜，与水平约成 75°角。

④ 字体的号数，即字体的高度（单位为毫米），分为 20、14、10、7、5、3.5、2.5 七种，但汉字不宜采用 2.5 号字。

⑤ 字体的宽度约为字高的 2/3，下一号字高即为上一号字宽，但某些数字及字母的宽度例外。

⑥ 用作指数、分数、注脚等的数字及字母，一般采用小一号字体，与数字及字母混合书写的汉字一般以大一号为宜。

2. 数字及字母示例

(1) 阿拉伯数字写法示例

直体

1234567890

斜体

1234567890

(2) 罗马数字写法示例

斜体

I II III IV V VI VII VIII IX X

(3) 拉丁字母写法示例

大写斜体

ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ

小写斜体

abcdefghijklmnop opqrstuvwxyz

大写直体

ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ

小写直体

abcdefghijklmnop opqrstuvwxyz

(4) 希腊字母写法示例

大写直体

ΑΒΧΔΕΦΓΗΙΚ ΛΜΝΟΠΘΡ

ΣΤΥ∇ΩΞΨΖ

α β χ δ ε φ γ η ι κ λ μ ν ο π ρ
σ τ υ ε ω ξ ψ ζ

3. 汉字写法



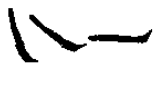
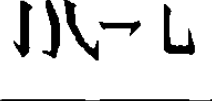


(1) 长仿体示例

字体端正 笔画清楚 排列整齐 间隔均匀

(2) 基本笔画写法

汉字的基本笔画有横、竖、撇、捺、钩、挑、点、折八种。仿宋体的笔画特点是挺直秀丽、粗细一致，起落顿挫出锋，呈三角形或尖峰，必须一笔一画的书写，不得潦草。基本笔画写法如表 1.3 所示。

表 1.3 基本笔画写法

名称	基本笔画	字 例	要 点
横		三 七	有平横、斜横，均向右上方略斜，起落笔要顿挫成棱角
竖		中 午	有直竖、斜竖，前者垂直，后者略斜，起落笔均顿挫出锋
撇		循 移	有竖撇、斜撇、平撇，起笔顿挫同竖笔，落笔轻提渐细尖
捺		人 建	有竖捺、斜捺、平捺，起笔轻，落笔顿后出尖成角刀形
钩		我 犯	有左钩、右钩、横钩、弯钩等均复合笔画，出钩提笔，锋出如针
挑		纸 均	起笔同横，向右上方提笔渐细尖
点		心 沙	右斜点似斜竖，右斜点顿成三角形，亦有出尖

(3) 写仿宋字要领

写仿宋字的要领一般归纳为：横平竖直，注意起落，笔画匀称，写满方格。写字前要打格子，格子的大小应该和字的号数相对应。各字之间的间隔要一致，各行之间的行间距也要一致，一般而言，行间距应大于字间距。

① 字满方格。所谓字满方格，是指字的高、宽足格。汉字的笔画形状各不相同，不可能笔笔到格，只要高、宽方向都有一些主要笔画到格，整个字就感觉满格了。靠近格线的笔画，不应贴格书写，要稍向内移，使笔锋触格即可。一些有框形笔画的字，要根据框口内笔画的多少，适当向内缩进，否则会感觉它比其他字大。表 1.4 列出了一些示例。

表 1.4 仿宋字写法——字满方格

要 领	字 例	说 明
主笔顶格	一 十 井 告 永 学	上下左右一般都有笔画顶格，但不是笔笔都顶格
笔峰融格	县 门 置 州 削	贴靠格线的笔画，与格线间应留有空隙，只可笔锋尖端触格
框口内缩	图 目 日 口 画	围合的框口，视内部笔画多少而逐渐内缩

② 笔画匀称。要写好仿宋字，除掌握基本笔画特点外，比较重要的是笔画的布局，表 1.4 列举了一些字例，以进一步理解笔画匀称的含义。



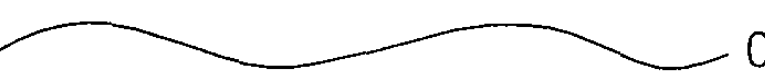
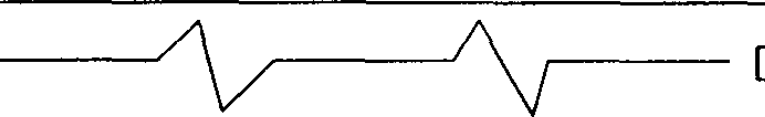



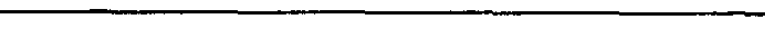
4. 字体应用示例

$R3$ $2 \times 45^\circ$ $M24-6H$
 $\phi 20^{+0.01}_{-0.01}$ $\phi 15^0_{-0.01}$
 78 ± 0.1 $10J55(\pm 0.003)$
 $\phi 65H7$ $10f6$ $3P6$ $3p6$
 $90 \frac{H7}{f6}$ $\phi 9 \frac{H7}{c6}$ $\frac{H}{5:1}$

1.1.4 图 线

对于绘制图样的图线，国家标准 GB/T4457.4—2002 中规定了图中采用的各种线型及主要用途。绘制图样时可采用表 1.5 所规定的图线。

表 1.5 图 线

图线名称	图线型式及代号	图线宽度
粗实线	 A	b
细实线	 B	约 $b/3$
波浪线	 C	约 $b/3$
双折线	 D	约 $b/3$
虚 线	 F	约 $b/3$
细点划线	 G	约 $b/3$
粗点划线	 J	b
双点划线	 K	约 $b/3$

图线的宽度分为粗细两种。粗线的宽度 b 按图的大小和复杂程度，在 $0.5 \sim 2 \text{ mm}$ 之间选择，细线的宽度约为 $b/3$ 。

图线宽度系列，推荐采用 0.18 、 0.25 、 0.35 、 0.5 、 0.7 、 1 、 1.4 、 2 mm 八种，但由于图样复制中所存在的困难，应避免采用 0.18 mm 。

在标准中没有规定图线各线段的长度和间隔，为供绘制图样时参考，推荐按图 1.4 所示的尺寸绘制，作为绘制图样时的参考。

绘制图线时应注意：

① 同一图样中同类图线的宽度应基本一致。虚线、点划线及双点划线的线段长度和间隔应大致相等。

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 mm 。

③ 两条点划线应以线段相交。点划线和双点划线的首末两端应是线段而不是点，一般可超出图形外 $2 \sim 5 \text{ mm}$ 。在较小的图形上（如直径小于 12 mm ）绘制点划线或双点划有困难时，可用细实线代替，如图 1.5 所示。

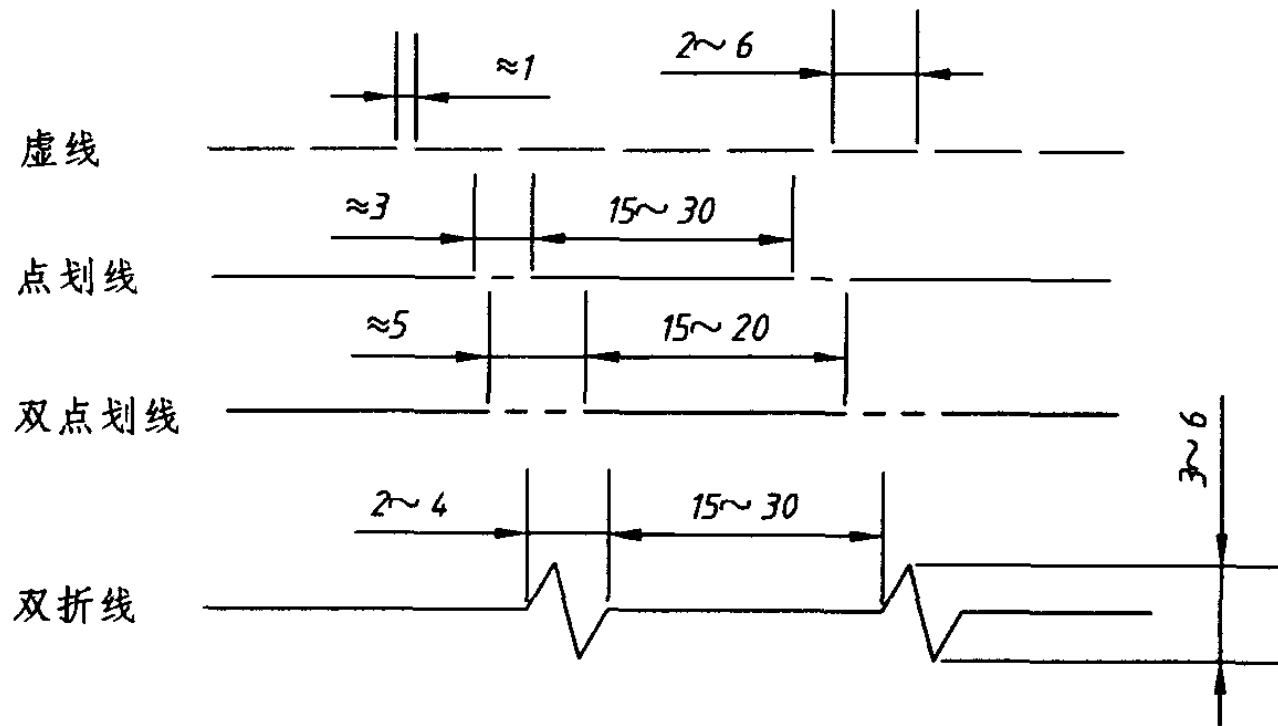


图 1.4 线段的绘制

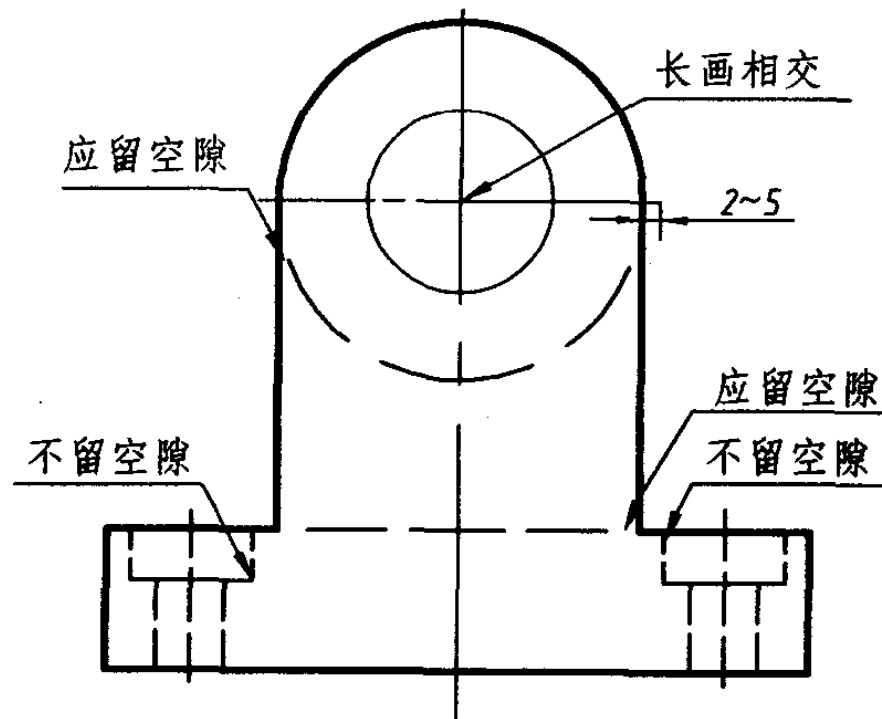


图 1.5 图线的绘制

④ 两线相切时，切点处应是单根图线的宽度，不应变粗。

⑤ 虚线与虚线或与其他图线相交时，应以线段相交，不应留空隙，当虚线为粗实线的延长线时应留空隙，如图 1.5 所示。

1.1.5 尺寸注法

图样中的图形只能表达机件的形状，而机件的大小则通过标注的尺寸来确定。因此，标注尺寸是绘制技术图样的重要工作内容，国家标准 GB/T4458.4—2003 规定了在图样中标注尺寸的基本方法。

1. 基本规则

① 机件（物体）的真实大小应以图样上所注的尺寸数值为依据，与图形的大小和绘图的准确度无关。

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。

③ 图样中所标注的尺寸，为该图样所示机件（物体）的最后完工尺寸，否则应另加说明。

④ 机件（物体）的每一个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

一个完整的尺寸标注，一般应由尺寸界线、尺寸线和尺寸数字三部分组成，如图 1.6 所示。

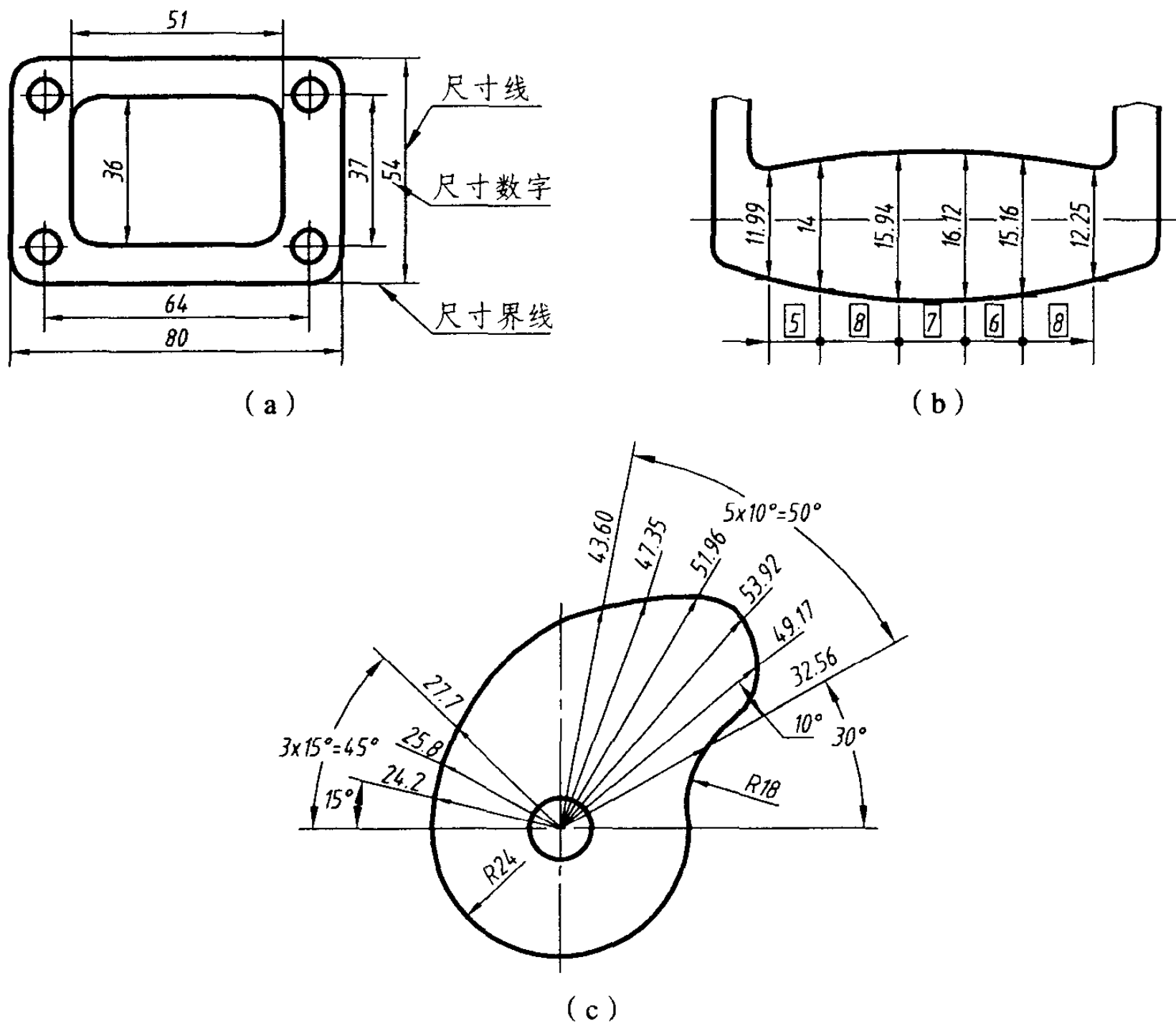


图 1.6 尺寸标注

(1) 尺寸界线

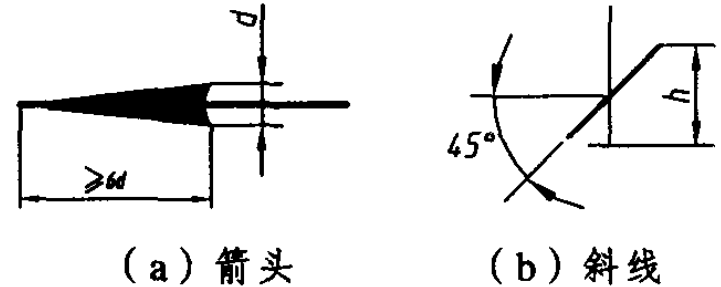
尺寸界线用细实线绘制，并应由图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出，也可利用它们作尺寸界线，如图 1.6 (a) 所示。

当表示曲线轮廓上各点的坐标时，可将尺寸线或其延长线作为尺寸界线，如图 1.6 (b) 和图 1.6 (c) 所示。

(2) 尺寸线

尺寸线用细实线绘制，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。

尺寸线的末端有两种形式，如图 1.7 所示。其中，箭头适用于各种类型的图样，图中的 b 为粗实线的宽度；斜线用细实线绘制，图中的 h 为字体高度。圆的直径、半径及角度的尺寸线的末端应画成箭头。一般情况下，尺寸线与尺寸界线应相互垂直。



(a) 箭头 (b) 斜线

图 1.7 尺寸线末端的形式

(3) 尺寸数字

线性尺寸的数字一般应注写在尺寸线的上方中部，也允许注写在尺寸线的中断处。

尺寸数字一般采用图 1.8 所示的方向注写，并尽可能避免在图示 30° 范围内注写尺寸，当无法避免时可按图 1.9 的形式标注。在不致引起误解时，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 1.10 所示。

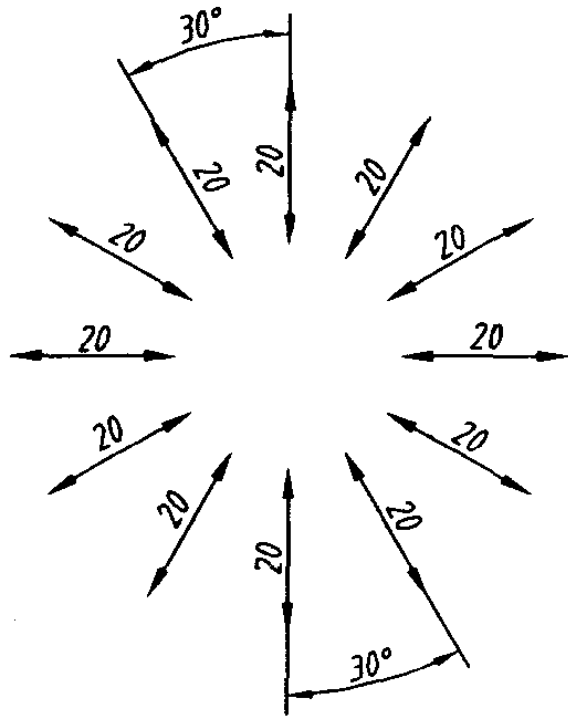


图 1.8 尺寸数字的标注 (一)

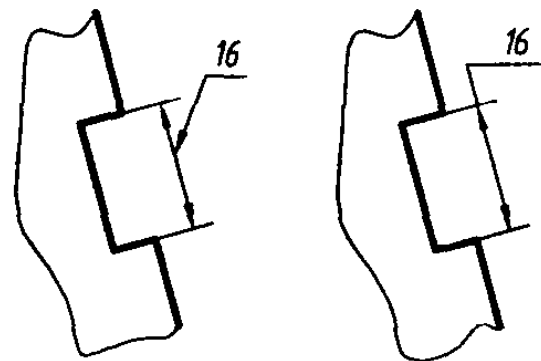


图 1.9 尺寸数字的标注 (二)

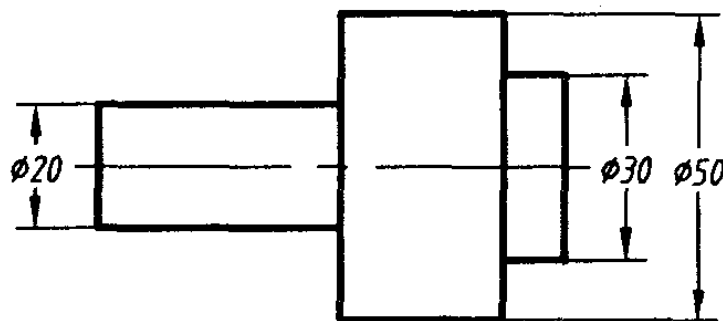


图 1.10 尺寸数字的标注 (三)

3. 各类尺寸的注法

(1) 线性尺寸

标注线性尺寸时，尺寸线必须与所标注的线段平行。为避免尺寸线与尺寸界线相交，相

互平行的尺寸线应从小到大依次由内向外排列，如图 1.11 所示。

尺寸界线一般应与尺寸线垂直，在特殊情况下也可以不垂直，但两尺寸界线必须相互平行，如图 1.12 所示。

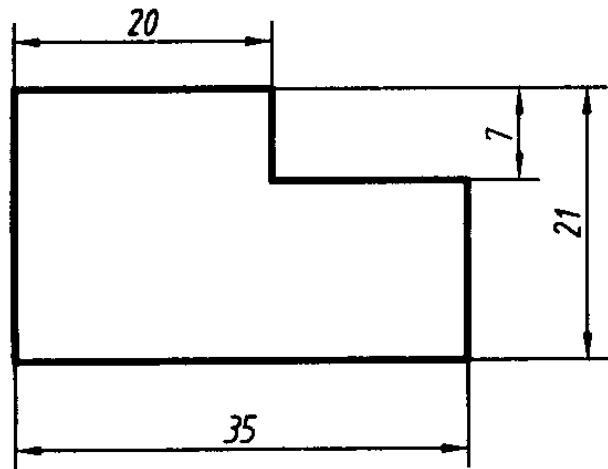


图 1.11 线性尺寸的标注

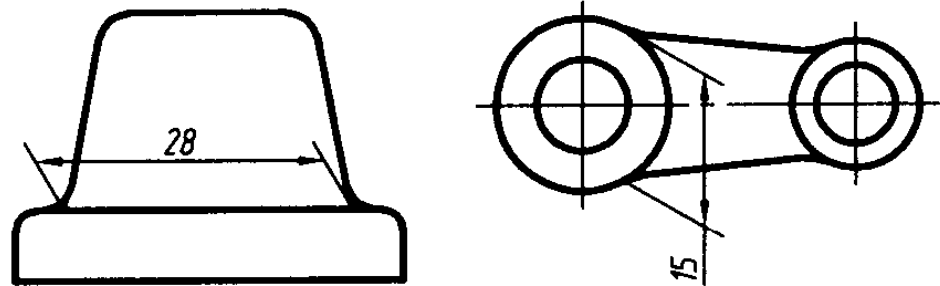


图 1.12 尺寸界线

(2) 圆的直径和圆弧半径尺寸

圆的直径和圆弧半径的尺寸线末端应画成箭头。标注直径尺寸时，应在尺寸数字前加注符号“ ϕ ”，标注半径尺寸时，应在尺寸数字前加注符号“ R ”，如图 1.13 所示。

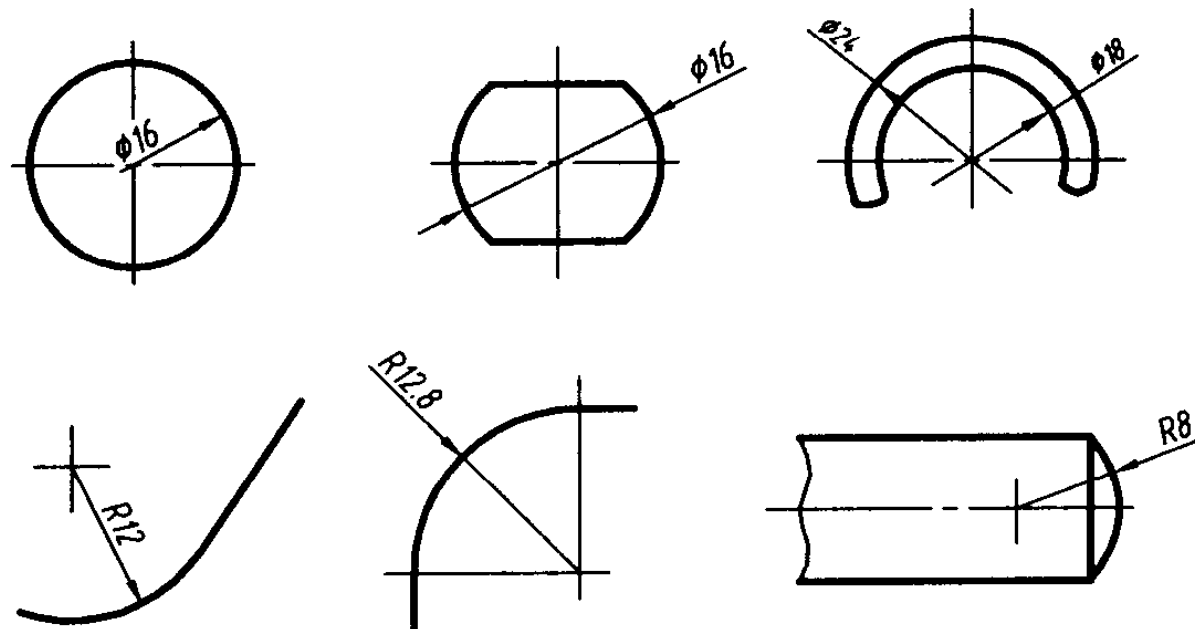


图 1.13 圆的直径和圆弧半径尺寸的标注

当圆弧半径过大或在图纸内无法标出其圆心位置时，可按图 1.14 (a) 的形式标注。若不需要标出其圆心位置时，可按图 1.14 (b) 的形式标注。

(3) 角度尺寸

角度的尺寸界线应沿径向引出，尺寸线是以角顶为圆心的圆弧，角度的数字一律水平书写，一般应注写在尺寸线的中断处，如图 1.15 (a) 所示，必要时也可按图 1.15 (b) 的形式标注。

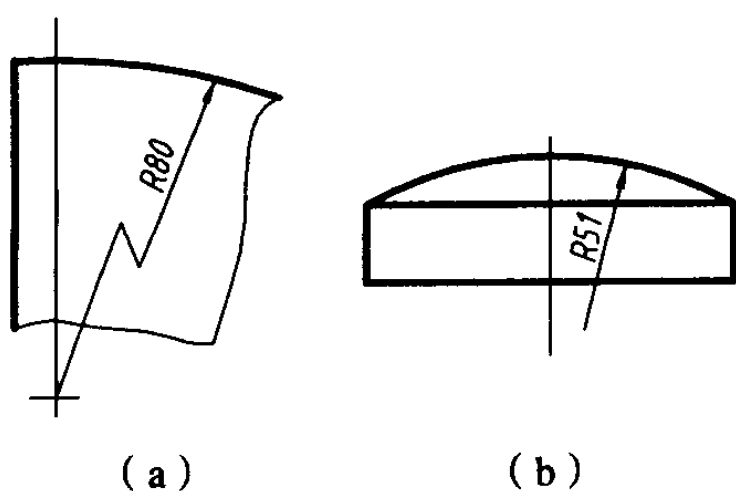


图 1.14 圆弧半径过大时的标注

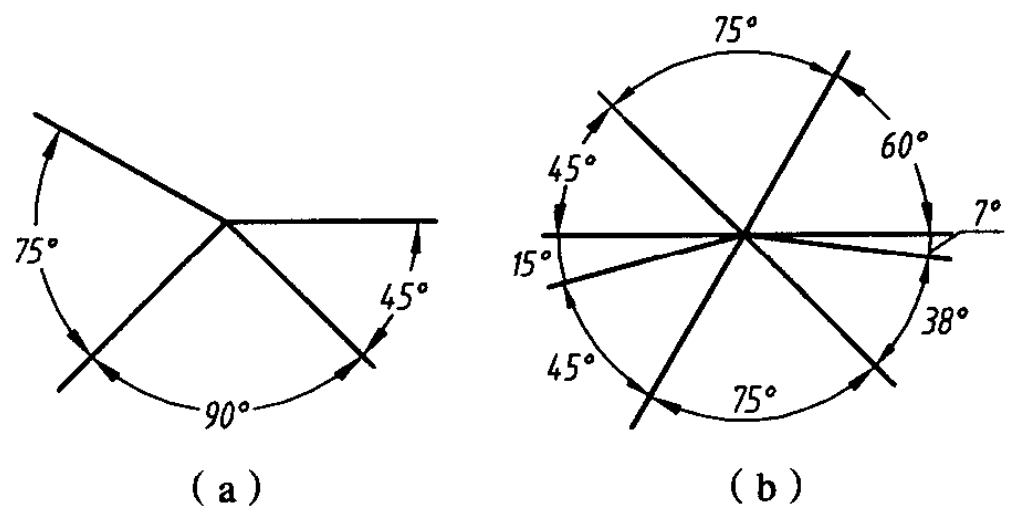


图 1.15 角度尺寸的标注