

◆ 高等学校规划教材 ◆

画法几何与工程制图

鲍泽富 吴春燕 康晓清 主编

3



国防工业出版社
National Defense Industry Press

高等学校规划教材

画法几何与工程制图

西安石油大学 鲍泽富 吴春燕 康晓清 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 提 要

本书是根据原国家教委 1995 年批准印发的高等学校工科本科《工程制图基础课程教学基本要求》和最新发布的有关国家标准编制而成。

本书共分十章，外加附录。主要内容有：制图基本知识，投影的基本知识，立体的投影，组合体，轴测图，机件形状的表达方法，零件图，紧固件和常用件，装配图，立体表面展开。

本书可供高等学校及高职高专等其他类型学校的有关专业选用，也可供有关的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

画法几何与工程制图/鲍泽富, 吴春燕, 康晓清主编.
北京: 国防工业出版社, 2006.1
高等学校规划教材
.ISBN 7-118-04354-0

I. ①画... II. ①鲍...②吴...③康... III. ①画法
几何—高等学校—教材 ②工程制图—高等学校—教材
IV. TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 004004 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15³/₄ 365 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 25.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422 发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535 发行业务: (010)68472764

序 言

本书是根据原国家教育委员会 1995 年批准印发的“画法几何及机械制图课程教学基本要求”和近年来国家发布的相关标准，在吸取计算机图形学领域的新成果，以及总结了近几年校内外课程教学改革的经验，并且参照国内外同类教材的基础上编写而成。

近些年来，国际国内对人才的综合素质的要求越来越高，高等教育的教育思想和教育理念都发生了很大的变化。因此，在编写过程中，我们始终遵循着“基础为本，自学为主，创新为标”的理念来处理本教材的每一个内容。

本书的总体特点是：以画法几何及机械制图的基本理论且密切联系理论的实例作为教材的主要内容；以学生自学为主，教师指导为辅作为教材的主要指导思想；以培养学生的空间思维能力、图样绘制和阅读能力、开拓创新能力，以及理论联系工程实际的能力为教材的主要目的。有以下几个突出特点方面：

一、本书的内容遵循“少而精”的原则，按教学要求对画法几何及机械制图的广度和深度，认真、准确地进行了控制和调整。重点在阐述制图课程的基本理论和基本知识，删减了一些超出本课程任务以外或者与本课程无关的内容，如画法几何部分，删除了换面法和透视投影的内容；对于涉及本学科却又偏难的内容只做了简明的介绍，如机械制图部分，在零件的尺寸标注和尺寸公差以及形位公差等方面内容作了适当的调整。

二、为了便于学生自学，提高学习主动性，培养学生的开拓创新能力和工程意识，本书酌情考虑大部分学生的实际学习水平，有效、合理地调整了图例的繁杂性和难度。注重图例的典型性，突出形体结构和实际零件的重点，并以大量的立体图和轴测图作为引导。注重理论联系实际，例如机械制图部分的第七、八、九章，采用的大部分图例为工程或工厂所经常涉及到的图样。

三、本书注重课程之间的内在联系，遵循由简到繁、由易到难的原则对内容进行组织和安排。语言简练、叙述简明、思维严密、通俗易懂，经过内容的删减和学时的调整，可以从某种程度上满足不同专业和不同层次的学生对制图课程的需求。本教材可供机械类专业和电气、管理类等非机械类专业的教学使用，还可供各类学校、工厂和自学青年学习机械制图时参考。

本书由鲍泽富、吴春燕、康晓清主编，孙文、孙艳萍老师参加了部分章节的编写工作。研究生刘江波、王怡、孟祥芹、李峰精心绘制了书中大量的图例，在此对他们付出的辛勤劳动表示衷心的感谢。

本书初稿由西安石油大学朱林教授、王江萍教授进行了详细审阅，并提出了许多宝贵的意见，在此致以诚恳的感谢。

本书是制图教学改革的一次尝试，它凝聚了教研室全体教师多年从事制图教学的经验和智慧。本书的编写得到西安石油大学的教改项目立项资助，编写过程中得到机械学院和教务处有关老师的支持和帮助，在此致以诚挚的谢意。

在本书出版之际，我们衷心感谢对本书作出具体工作和提出宝贵建议与意见的同志。

本书在体系和内容上作了较大的调整，由于作者水平有限，加之编写时间仓促，书中难免出现缺点和错误，诚恳希望读者批评指正。

编者

2005年12月

目 录

绪论	1
第一章 制图基本知识与技能	3
1-1 国家标准《技术制图》和《机械制图》的一般规定	3
1-2 制图工具及其用法	11
1-3 几何作图	14
第二章 投影的基本知识	25
2-1 投影法及投影图	25
2-2 点的投影	28
2-3 直线的投影	35
2-4 平面的投影	48
2-5 直线与平面、平面与平面的相对位置	54
第三章 立体的投影	62
3-1 立体的投影	60
3-2 平面与立体相交的投影	71
3-3 立体与立体相交的投影	82
第四章 组合体	93
4-1 组合体及其组合方式	93
4-2 组合体的画图	94
4-3 组合体的读图	97
4-4 尺寸标注	100
第五章 轴测图	108
5-1 轴测投影的基础知识	108
5-2 正等轴测图的画法	109
5-3 斜二轴测图的画法	119
5-4 轴测剖视图	121
第六章 机件形状的表达方法	123
6-1 视图	123
6-2 剖视	127
6-3 断面	134
6-4 局部放大图	136
6-5 简化画法	137
第七章 零件图	142
7-1 零件图的作用和内容	142

7-2	零件上的常见结构	142
7-3	零件图的视图选择	150
7-4	零件图中尺寸的合理标注	156
7-5	表面粗糙度符号、代号及其注法	158
7-6	极限与配合	161
7-9	零件测绘方法及画草图步骤	164
7-10	读零件图	167
第八章	紧固件和常用件	169
8-1	螺纹紧固件	169
8-2	键、销连接和滚动轴承	174
8-3	齿轮	180
8-4	弹簧	184
第九章	装配图	187
9-1	装配图的作用和内容	187
9-2	装配图的表达方法	189
9-3	装配图中的尺寸	191
9-4	装配图中的零、部件序号、明细栏和标题栏	192
9-5	装配图的画法	194
9-6	装配图结构的合理性	197
9-7	读装配图及拆绘零件图的方法	199
第十章	立体表面展开	203
10-1	表面展开图	203
10-2	可展表面的展开	204
10-3	不可展表面的近似展开	211
10-4	变形接头表面的展开	212
附录		215
	一、零件上的常见结构要素	215
	二、零件上的常用金属材料	217
	三、螺纹	219
	四、紧固件及常用件	231
参考文献		246

绪 论

图形与文字、声音等一样是承载信息进行交流的重要媒体。以图形为主的工程设计图样是工程设计、制造和施工过程中用来表达设计思想的主要工具，被称为“工程界的语言”。从一张工程设计图样上，可以反映出一个工程技术人员聪明才智、创新能力、科学作风和工作风格。毫无疑问，能否用图形来全面表达自己的设计思想，反映了一个工程技术人员的基本素质。

据考古证实，远在 2400 多年前的战国时期，我国人民就已运用设计图（有确定的绘图比例、酷似用正投影法画出的建筑规划平面图）来指导工程建设。“图”在人类社会的文明进步中和推动现代科学技术的发展中起了重要作用。因此，“工程图学”作为一门科学，历来是人类重要的学习内容和研究内容之一。“画法几何与工程制图”是其中重要的组成部分。

“画法几何与工程制图”是高等学校工科各专业的一门必修的基础课。它研究绘制和阅读工程图样和解决空间几何问题的理论和方法，为培养学生的制图技能和空间想象能力打下必要的基础。同时，它又是学生学习后续课程和完成课程设计、毕业设计不可缺少的基础。

本课程的研究对象是：

- (1) 在平面上表示空间形体的图示法；
- (2) 空间几何问题的图解法；
- (3) 绘制和阅读机械图样的方法；

本课程的学习方法有以下四个要点：

- (1) 空间想象和空间思维与投影分析和绘图过程紧密结合。

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在二维平面上图解几何问题。因此，在学习过程中必须随时进行空间想象和空间思维，并与投影分析和绘图过程紧密结合。

- (2) 理论联系实际，掌握正确的方法和技能。

本课程实践性极强。在掌握基本概念和理论的基础上，必须通过做习题、绘图和读图实践，才能学会和掌握运用理论去分析和解决实际问题的正确方法和步骤，以及实际绘图的正确方法、步骤和操作技能，养成正确使用尺规绘图工具或用计算机，按照正确方法、步骤绘图的习惯。

- (3) 加强标准化意识和对国家标准的学习。

为了确保图样传递信息的正确与规范，对图形形成的方法和图样的具体绘制、标注方法都有严格、统一的规定，这一规定以“国家标准”的形式给出。每个学习者都必须从

开始学习本课程时就加强标准化意识，认真学习并坚决遵守国家标准的有关规定。

(4) 与工程实际相结合。

本课程最终要服务于工程实际。因此，在学习中必须注意学习和积累相关工程实际知识，如机械设计知识、机械零件结构知识和机械制造工艺知识等。这些知识的积累，对加强读图和绘图能力可以起到重要的作用。

“画法几何”作为一门学科形成已有 200 多年的历史，它论述在二维平面上图示三维空间形体和图解空间几何问题的理论和方法，为“工程制图”奠定了理论基础。此后，工程图样在各技术领域广泛使用，在推动现代工程技术和人类文明发展中起了重要作用。

近年来，随着计算机技术的飞速发展，计算机图形技术也获得了空前的发展和日趋完善，并正在各行各业中得到日益广泛的应用。它必将引起工程制图技术的一次根本性变革，应用计算机绘图技术绘制工程设计图样已成为工程技术人员的必然选择。

另外，伴随着科学技术的飞速发展，各种新兴的学科如雨后春笋般地涌现出来，形成了所谓的“知识大爆炸”。知识更新的周期缩短，要学习的东西实在太多。面对这样的形势，“工程制图”作为一门古老的传统课程，需要进行改革和继续发展是必然的了。这些改变归纳起来主要体现在：课程的理论基础一般不会有什么变化，但应该引入充实新的图形理论——计算机图形学等，表达方法也将会继续进一步的简化；绘图技术将会有根本性的变革，应用计算机绘图技术是必然的选择，而对手工绘图的训练将减弱；创新能力的培养、联系实际能力的培养、快速表达空间构思能力的培养，应该在课程中得到加强。

第一章 制图基本知识与技能

机械工程图样的质量,将直接影响产品的质量和经济性。因此,掌握绘制机械图样的基本知识和技能是学习本课程的目的之一。

本章主要介绍国家标准《技术制图》和《机械制图》的若干规定、绘图仪器和工具的使用方法及几何作图方法。

《技术制图》和《机械制图》国家标准是我国基本技术标准之一,它起着统一工程界的共同“语言”的重要作用。为了准确无误地交流技术思想,绘图时必须严格遵守《技术制图》和《机械制图》国家标准的有关规定。

学习本章内容应掌握《技术制图》和《机械制图》国家标准中关于图纸幅面、图框格式、比例、字体、图线和尺寸注法等基本规定,并在绘图时严格遵守,应能正确地标注常见平面图形尺寸。在学习中应正确使用绘图工具和仪器,掌握常用几何作图的规律、方法以及徒手绘制草图的技巧,掌握平面图形的线段分析方法,按正确的方法和步骤绘制图形,并做到作图准确、线型分明、字体工整、图面整洁美观。

1-1 国家标准《技术制图》和《机械制图》的一般规定

本节所介绍的国家标准一部分源自最新的《技术制图》国家标准,例如 GB/T 14689—1993《技术制图 字体》,其中“GB”为“国标”(国家标准的简称)二字的汉语拼音字头,“T”为推荐的“推”字的汉语拼音字头,“14689”为标准编号,“1993”为标准颁布的年号。另有部分源自《机械制图》国家标准,例如 GB/T 4458.4—1984。

一、图纸幅面及格式 (GB/T 14689—1993)

图纸宽度 (B) 和长度 (L) 组成的图面称为图纸幅面。基本幅面图纸的尺寸特点是:长边和短边的尺寸比为 $\sqrt{2}:1$; 大于 A4 图纸的每一号图纸,可以裁成两张比它小一号的图纸。

1. 幅面尺寸和代号

绘制技术图样时,应优先采用表 1-1 中规定的基本幅面。必要时,也允许选用国标所规定的加长幅面,加长幅面尺寸是由基本幅面的短边成整数倍增加后得出,如图 1-1 所示。

表 1-1 基本幅面尺寸 (第一选择)

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
尺寸 $B \times L$	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297
c	10		5		
a	25				
e	20		10		

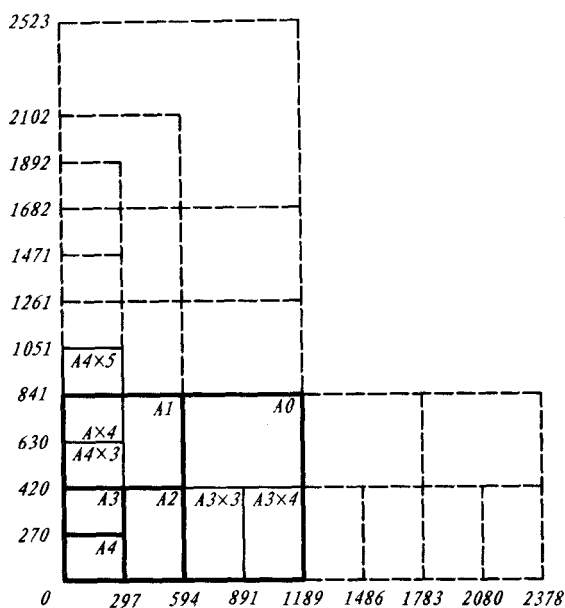


图 1-1 图幅加长

2. 图框格式

图纸上必须用实线画出图框，其格式如图 1-2、图 1-3 所示，分为留有装订边和不留装订边两种，但同一产品的图纸只能采用一种格式。

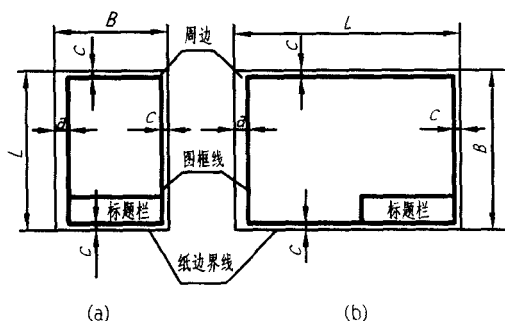


图 1-2 留有装订边的图框格式

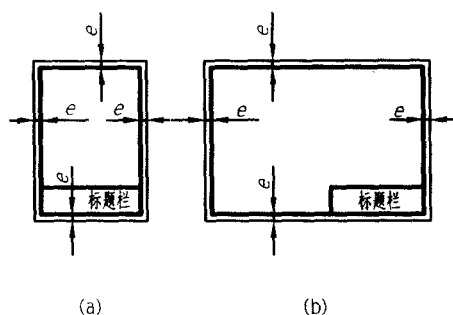


图 1-3 不留装订边的图框格式

3. 标题栏及其方位

标题栏一般由名称及代号区、签字区、更改区及其他区组成。标题栏的格式和尺寸按 GB/T 10609.1-1989 的规定，如图 1-4 所示。标题栏的位置应位于图纸的右下角，如图 1-2、图 1-3 所示。

本教材将标题栏作了简化，如图 1-5 所示的格式，建议在学生作业中采用。

4. 图幅分区

(1) 必要时可以用细实线在图纸周边内画出分区，如图 1-6 所示。

(2) 图幅分区数目按图样的复杂程度确定，但必须取偶数。每一分区的长度应在 25mm~75mm 之间选择。

(3) 分区的编号, 沿上下方向(按看图方向确定图纸的上下和左右)用直体大写拉丁字母从上到下顺序编写; 沿水平方向用直体阿拉伯数字从左到右顺序编写。当分区数超过拉丁字母的总数时, 超过的各区可用双重字母编写, 如 AA、BB、CC 等。拉丁字母和阿拉伯数字的位置应尽量靠近图框线。

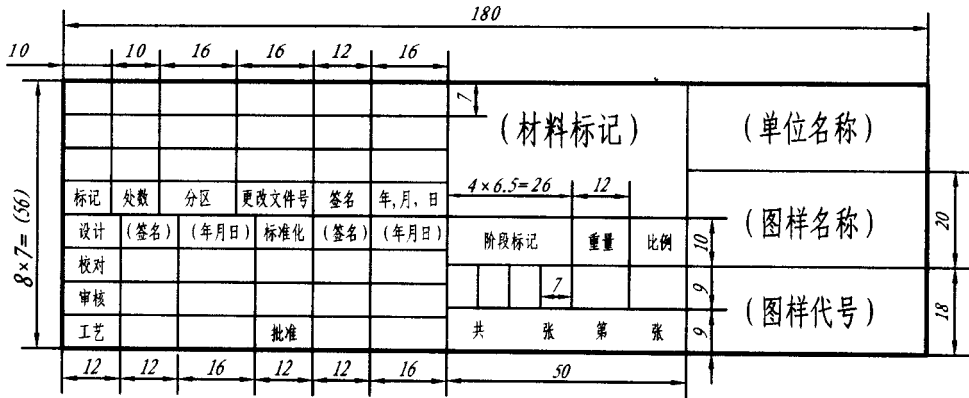


图 1-4 标题栏的格式及尺寸

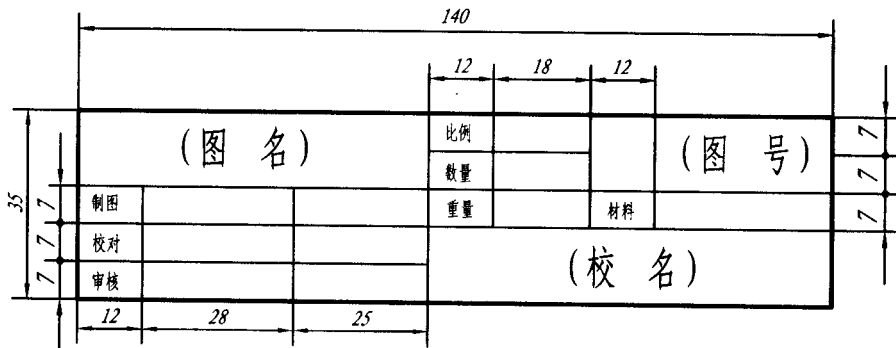


图 1-5 学生作业用标题栏格式

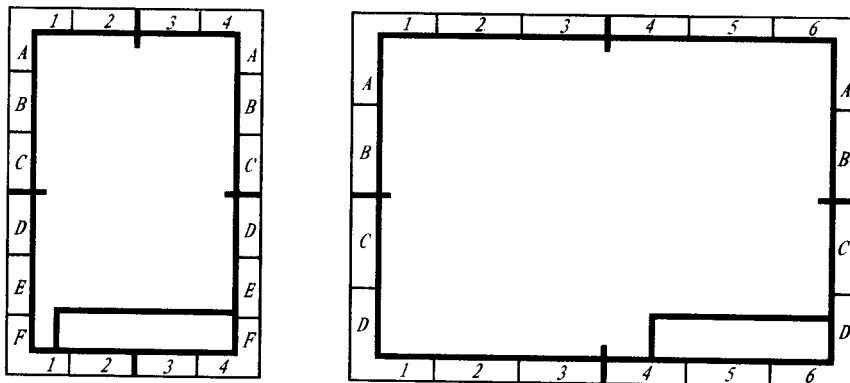


图 1-6 图幅分区

二、比例 (GB/T 14690—1993)

(1) 图样中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比称为比例。

(2) 比值为 1 的比例称为原值比例, 即 1:1。比值大于 1 的比例称为放大比例, 如 2:1 等。比值小于 1 的比例称为缩小比例, 如 1:2 等。绘图时应采用表 1-2 中规定的比例, 最好选用原值比例, 但也可根据机件大小和复杂程度选用放大或缩小比例。

表 1-2 标准比例

种类	比例	
	优先选取	允许选取
原值比例	1:1	
放大比例	5:1 2:1 5×10 ⁿ :1 2×10 ⁿ :1 1×10 ⁿ :1	4:1 2.5:1 4×10 ⁿ :1 2.5×10 ⁿ :1
缩小比例	1:2 1:5 1:10 1:2×10 ⁿ 1:5×10 ⁿ 1:1×10 ⁿ	1:1.5 1:2.5 1:3 1:4 1:6 1:1.5×10 ⁿ 1:2.5×10 ⁿ 1:3×10 ⁿ 1:4×10 ⁿ 1:6×10 ⁿ

注: n 为正整数

(3) 同一机件的各个视图应采用相同比例, 并在标题栏“比例”一项中填写所用的比例。当机件上有较小或较复杂的结构需用不同比例时, 可在视图名称的下方标注比例, 如图 1-7 所示。

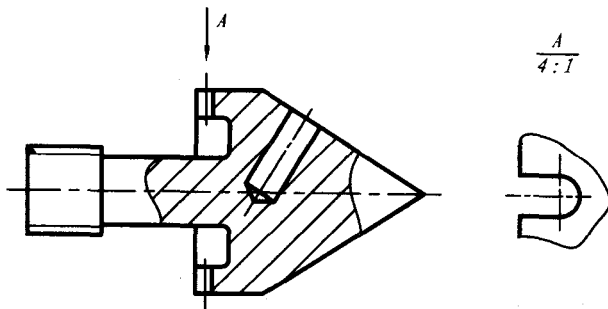


图 1-7 局部放大图

三、字体 (GB/T 14691—1993)

书写字体必须做到: 字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。字体高度 (用 h 表示) 的公称尺寸系列为: 1.8mm, 2.5mm, 3.5mm, 5mm, 7mm, 10mm, 14mm, 20mm。此数系的公比为 $\sqrt{2}$, 如果要书写更大的字, 其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。字体高度代表字体的号数。图样中字体可分为汉字、字母和数字。

1. 汉字

汉字应写成长仿宋体, 并应采用国家正式公布的简化字。汉字的高度 h 应不小于 3.5mm, 其字宽一般为 $\frac{h}{\sqrt{2}}$ 。书写长仿宋体的要点为: 横平竖直、注意起落、结构匀称、

填满方格。长仿宋体字的示例如下：

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匀称填满方格

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棉麻化纤

2. 字母及数字

字母和数字分为 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，只允许选用一种字型。一般采用 A 型斜体字，斜体字字头与水平线向右倾斜 75°。以下字例为 A 型斜体字母及数字和 A 型直体拉丁字母：
拉丁字母大写斜体：

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

拉丁字母小写斜体：

abcdefghijklmnopqrstvwxyz

阿拉伯数字斜体：

0123456789

拉丁字母大写直体：

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

拉丁字母小写直体：

abcdefghijklmnopqrstvwxyz

3. 字母组合应用示例

(1) 用作指数、分数、极限偏差、注脚等的字母及数字，一般采用小一号字体，其应用示例如下：

10^3 s^{-1} D_1 T_d $\Phi 20_{-0.023}^{+0.010}$ $7^{\circ+1^{\circ}}_{-2^{\circ}}$ $\frac{3}{5}$

(2) 图样中的数学符号、计量单位符号，以及其他符号、代号应分别符合国家标准有关法令和标准的规定。量的符号是斜体，单位符号是正体，如 m/kg ，其中 m 为表示质

量的符号，应用斜体，而 kg 表示质量的单位符号，应是正体。示例如下：

l/mm m/kg $460\text{r}/\text{min}$ 380kPa

(3) 其他应用示例如下：


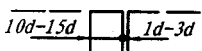

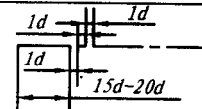

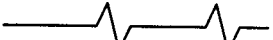

$10\text{Js}5(\pm 0.003)$ $M24-6h$
 $\phi 25 \frac{H6}{m5} \frac{II}{2:1} \frac{A}{5:1} \frac{6.3}{\nabla}$

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

1. 图线

图线是起点和终点间以任意方式连接的一种几何图形，形状可以是直线或曲线、连续线或不连续线。机械图样中，常用的图线见表 1-3。

表 1-3 图线名称及线型

图线名称	型式	图线名称	型式
粗实线		细虚线	
细实线		细点画线	
波浪线			
双折线		细双点画线	

所有线型的图线宽度 (d) 的系列为：0.13, 0.18, 0.25, 0.35, 0.50, 0.7, 1, 1.4, 2 (单位均为 mm)。

2. 图线画法

(1) 机械图样中粗线和细线的宽度比率为 2:1。表 1-3 中，粗实线的宽度 d 通常选用 0.5mm 或 0.7mm，其他图线均为细线。在同一图样中，同类图线的宽度应一致。

(2) 除非另有规定，两条平行线之间的最小间隙不得小于 0.7mm。

(3) 细点画线和细双点画线的首末端一般应是长画而不是点，细点画线应超出图形轮廓 2mm~5mm。当图形较小难以绘制细点画线时，可用细实线代替细点画线，如图 1-8 所示。

(4) 当不同图线互相重叠时，应按粗实线、细虚线、细点画线的先后顺序只画前面一种图线。手工绘图时，细点画线或细虚线与粗实线、细虚线、细点画线相交时，一般应以线段相交，不留空隙；当细虚线是粗实线的延长线时，粗实线与细虚线的分界处应留出空隙，如图 1-9 所示。

五、尺寸标注 (GB/T 4458.4—1984 GB/T 16675.2—1996)

图形只能表达机件的结构形状，其真实大小由尺寸确定。一张完整的图样，其尺寸标注应做到正确、完整、清晰、合理。下面仅就尺寸的正确注法摘要介绍国家标准有关标注尺寸的一些规定，对尺寸标注的其他要求将在后续章节中介绍。

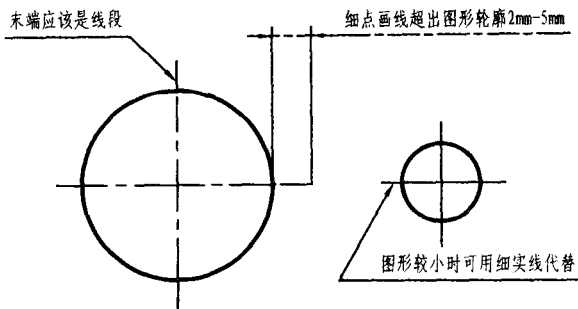


图 1-8 细点画线的画法

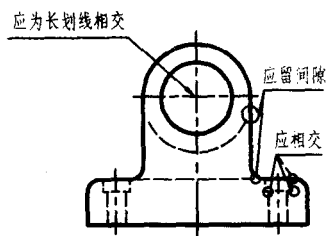


图 1-9 细点画线或细虚线与其他图线的关系

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，与绘图的比例及绘图的准确度无关。

(2) 图样中的尺寸一般以毫米为单位。当以毫米为单位时，不需标注计量单位的代号或名称。如采用其他单位时，则必须注明相应计量单位的代号或名称。

(3) 图样中标注的尺寸应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. 尺寸组成

一个完整的尺寸由尺寸界线、尺寸线和尺寸数字（包括必要的字母和图形符号）组成。

(1) 尺寸界线用细实线绘制，并应自图形的轮廓线、轴线或对称中心线引出，也可以用轮廓线、轴线或对称中心线做尺寸界线。尺寸界线应超出尺寸线约 3mm~4mm，如图 1-10(a) 所示。若在光滑过渡处标注尺寸时，必须用细实线将轮廓线延长，并从它们的交点引出尺寸界线，如图 1-11 所示。

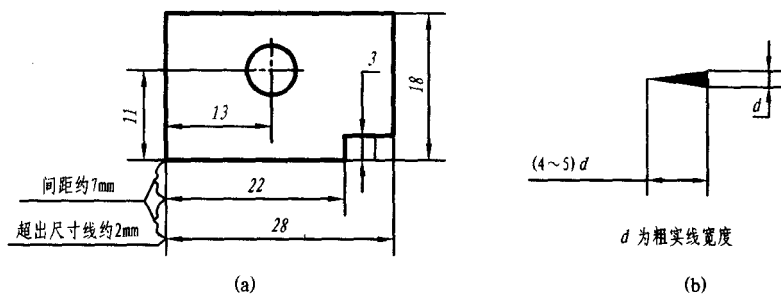


图 1-10

(2) 尺寸线必须用细实线画出，不得用其他图线代替或画成其它图线的延长线，也不能与其他图线重合。

尺寸线的终端应画出箭头，并与尺寸界线相接触，同一图样中所有尺寸箭头的大小应大致相同，尺寸线终端的箭头如图 1-10 (b) 所示，箭头最粗处的宽度为 d (d 为粗实线宽度)，其长度约为 $(4\sim 5)d$ ，当尺寸界线内侧没有足够位置画箭头时，可将箭头画在尺寸界线的外侧；当尺寸界线内、外侧均无法画箭头时，可用圆点代替，圆点必须画在用细实线引出的尺寸界线上，圆点的直径为粗实线的宽度 d 。

通常尺寸线应垂直于尺寸界线，标注线性尺寸时，尺寸线必须与所标注的线段平行。尺寸线与轮廓线以及两平行尺寸线的间距一般取 7mm 左右，如图 1-10(a)所示。

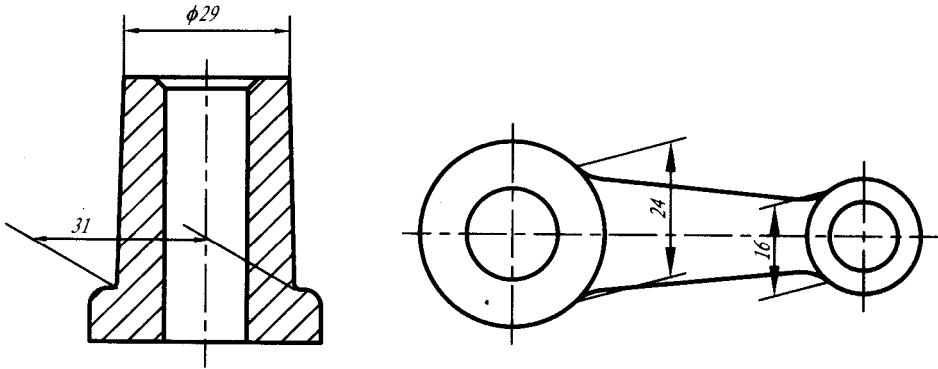


图 1-11 光滑过渡处的尺寸界线

(3) 尺寸数字一般应注写在尺寸线的上方，如图 1-10(a)所示，也允许注写在尺寸线的中断处，当没有足够的位置注写尺寸数字时，可引出标注。

线性尺寸的尺寸数字应按图 1-12(a)所示的方向注写。水平方向的尺寸数字字头朝上；垂直方向的尺寸数字字头朝左；倾斜方向的尺寸数字字头趋于朝上。当必须在图中所示 30°范围内标注尺寸时，可按图 1-12(b)的形式标注。

尺寸数字不允许被任何图线穿过，当不可避免时，必须将图线断开，如图 1-12(c)所示。

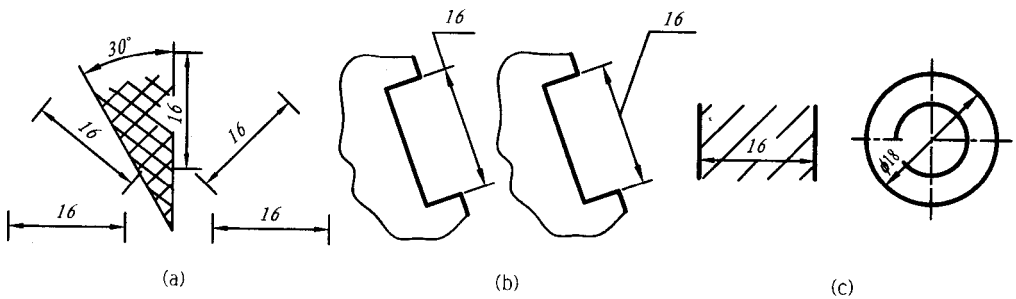


图 1-12 尺寸数字注写

3. 常用的尺寸注法

常用的尺寸注法见表 1-4。

表 1-4 常用的尺寸注法

内容	示例	说明
角度		<p>角度的尺寸界线应沿径向引出。尺寸线应画成圆弧，其圆心是该角的顶点。角度的数字，一般应注写在尺寸线的中断处，并一律写成水平方向，必要时也可写在尺寸线的上方，外面或引出标注</p>