



上海普通高校“九五”重点教材

机械制图 与CAD基础

裘文言 瞿元赏 主编
上海市教育委员会 组编

上海交通大学出版社



世界银行贷款资助项目
上海市教育委员会组编

机械制图与 CAD 基础

裘文言 瞿元赏 主编

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书是上海市教委下达的跨世纪重点教材,是根据 1995 年原国家教委批准印发的高等工业学校《画法几何及工程制图课程教学基本要求》而编写的。

本书的内容包括:绪论、制图的基本知识、点线面与立体的投影、组合体、轴测图、表达物体的方法、标准件与常用件、零件图、装配图、计算机绘图等。全书采用我国最新颁布的“国家技术制图”标准,可供各高等工业学校的机械类、近机类、非机械类及电子、管理类等专业选用。

图书在版编目(CIP)数据

机械制图与 CAD 基础/裘文言,瞿元赏主编. —上海:上海交通大学出版社,2001
上海普通高校“九五”重点教材
ISBN 7-313-02639-0

I. 机… II. 裘…, 瞿… III. ①机械制图②计算机辅助设计 IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 04542 号

机械制图与 CAD 基础

裘文言 瞿元赏 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市印刷二厂印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:22.5 字数:540 千字

2001 年 8 月第 1 版 2001 年 8 月第 1 次印刷

印数:1~4050

ISBN 7-313-02639-0/TH·091 定价:36.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

本书是上海市教委下达的跨世纪重点教材,是根据 1995 年原国家教委批准印发的高等工业学校《画法几何及工程制图课程教学基本要求》(机械类和非机械类各专业适用),同时又考虑到现代制造加工技术的发展对本课程提出的新要求,结合本校及有关兄弟院校多年来的执教经验而编写的。与此同时,还编写了《机械制图与 CAD 基础习题集》,与本书配套使用。

本书在编写过程中,力求反映培养应用型人才的教学特色,为适应 21 世纪我国教改的需要,我们将计算机绘图作为一种新颖的绘图工具穿插在制图的各个章节中,建立以贯彻制图国标及形体表达(包括徒手绘图)为主线、手绘图与计算机绘图同步进行的教学体系,让学生在学习机械制图基本内容的同时,又能应用绘图软件进行计算机绘图,而这一切又是在不增加课程总学时的情况下实现的。

本书文字简练、图文并茂、通俗易懂、便于自学,全部采用我国最新颁布的“机械制图与技术制图”的国家标准,除供高等工业学校机械类、非机械类各专业使用外,亦可供高等职业学院、成人教育学院、高等教育自学考试等相关专业选用。

本书由上海理工大学裘文言任主编,瞿元赏、上官文菁任副主编;上海同济大学洪钟德教授、西安理工大学卢俊明副教授和上海理工大学丁亚军副教授担任主审,在审阅过程中,他们对本书的编写提出了许多宝贵的意见;上海理工大学工程图学教研室的仲梁维、张鸿樑副教授还为本书撰写了有关计算机绘图方面的部分内容,在此一并表示感谢。

随着我国教学改革的不深入发展,各校都在积极探索新的教改方法,积累了不少好的经验。由于我们的水平有限,书中的不妥之处在所难免,敬请使用本书的师生批评指正。

编 者

2001 年 5 月

44C88/01

目 录

绪论	1
第一章 制图的基本知识	4
1-1 制图国家标准的一般规定	4
1-2 绘图工具及仪器的使用	19
1-3 几何作图	23
1-4 平面图形的分析	28
1-5 绘图的基本技能	30
1-6 平面图形的计算机绘图方法分析	33
第二章 点、直线、平面和立体的投影	37
2-1 投影法的基本知识	37
2-2 点的投影	39
2-3 直线的投影	44
2-4 平面的投影	53
2-5 直线、平面的相对位置	58
2-6 辅助投影面法	67
2-7 立体的投影	75
2-8 平面与立体表面的交线	82
2-9 两立体表面的交线	93
第三章 组合体的视图	100
3-1 组合体及其形体分析法	100
3-2 画组合体的视图	103
3-3 组合体的尺寸标注	106
3-4 读组合体的视图	113
3-5 计算机绘制组合体的三视图	121
第四章 轴测图	125
4-1 轴测图的基本知识	125
4-2 正等轴测图的画法	126
4-3 斜二等轴测图的画法	133
4-4 轴测剖视图的画法	134
4-5 徒手画轴测图的方法	135
第五章 物体形状的表达方法	138
5-1 视图	138
5-2 剖视图	141
5-3 断面图	151

5-4	局部放大图、简化画法及其他规定画法	155
5-5	表达方法的应用举例	159
5-6	剖视图的计算机绘图方法	163
5-7	第三角画法简介	164
第六章	标准件和常用件	166
6-1	螺纹	166
6-2	螺纹紧固件及其连接	179
6-3	螺栓组件的计算机绘图方法	193
6-4	键、销连接	195
6-5	齿轮	203
6-6	弹簧与滚动轴承	213
第七章	零件图	221
7-1	零件图的作用与内容	221
7-2	零件的视图选择	222
7-3	零件图的尺寸标注	228
7-4	零件图的技术要求	233
7-5	零件上的工艺结构及过渡线的画法	253
7-6	零件图的计算机绘图方法	260
7-7	读零件图	264
7-8	零件测绘	266
第八章	装配图	272
8-1	装配图的作用与内容	272
8-2	装配图的表达方法	272
8-3	装配图的尺寸标注和技术要求	278
8-4	装配图中的零件序号和明细栏	278
8-5	部件测绘和装配图的画法	280
8-6	装配图的计算机绘图方法	287
8-7	装配工艺结构	290
8-8	读装配图以及由装配图拆画零件图	292
第九章	计算机辅助绘图与设计软件应用	297
9-1	计算机绘图概述	297
9-2	基于二维绘图的 CAD 软件	298
9-3	基于三维实体建模的 CAD 软件	349
参考文献		353

绪 论

一、本课程的任务和要求

无论是制造机器或建造房屋,都离不开图样。设计者通过图样来表达自己的设计思想,制造者通过图样来了解设计意图,所以,图样被称为是工程界的共同语言,每个工程技术人员都必须掌握和运用这种“语言”。

在机械工程中常用的图样是零件图和装配图,统称为机械图样。本课程是研究绘制和阅读机械图样的一门主干技术基础课程,通过对本课程的学习,培养学生绘制和阅读机械图样的基本能力,为学习后继课程打下必要的基础。

本课程的任务和要求:

- ① 学习正投影法的基本理论及其应用。
- 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形体表达能力。
- ④ 培养计算机绘图的初步能力。
- ⑤ 学习、贯彻制图国家标准及其他有关规定。

此外,还必须培养学生认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

二、本课程的特点和学习方法

本课程是一门既有理论而实践性又很强的课程,要学好这门课程,必须做到以下几个方面:

1. 学好投影理论

制图课程的基本理论是正投影原理,且课程内容的先后有着密切的内在联系。在学习本课程时,必须运用初等几何的基础知识,通过由物画图、由图想物的反复实践,以逐步提高自己的形体表达能力和空间想象能力。

2. 练好基本功

- ① 准备一套合乎要求的绘图工具和仪器,并掌握其正确的使用方法。
- ② 认真听课,及时复习,独立完成一定数量的练习和作业,才能取得理想的学习效果。
- ③ 熟悉并遵守制图国家标准的有关规定,学会查阅资料和相关标准的方法。

三、我国制图发展的概况

制图这门学科是随着生产的发展而发展的。我们的祖先在很早以前就懂得使用图画来记述和表达事物,这就是图样的起源。早在春秋战国时代,据《周礼考工记》一书的记载,当时已有“矩、规、绳、悬、水”(即角尺、圆规、墨斗、线锤、水准仪)等测绘工

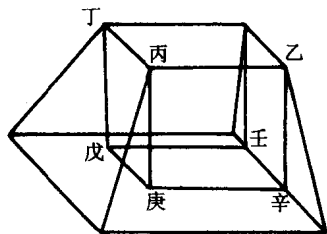


图 0-1 棱台

具的出现和应用。在西汉时期《九章算术》一书中已有棱台的插图,图中采用斜投影概念和直观图来表示几何体,如图 0-1 所示。

公元前 100 年的古数学名著《周髀算经》中有方圆、圆方、勾股弦等几何作图问题的记载。到汉灵帝时就出现了翻车,并开始在许多器械上应用了齿轮及用金属来制造轴和轴承。在唐代的全盛时期,建筑大师们已能将正面透视图运用于建筑,如当时西安大雁塔门楣上的石刻。宋代李诫所著的《营造法式》一书,是我国古建筑技术的经典著作之一,该书中运用了大量的插图来表达建筑造型及某些物品的构造,如图 0-2(a)所示的殿堂举析图为正投影图;图 0-2(b)所示的方栌料和令拱图为斜轴测投影图。

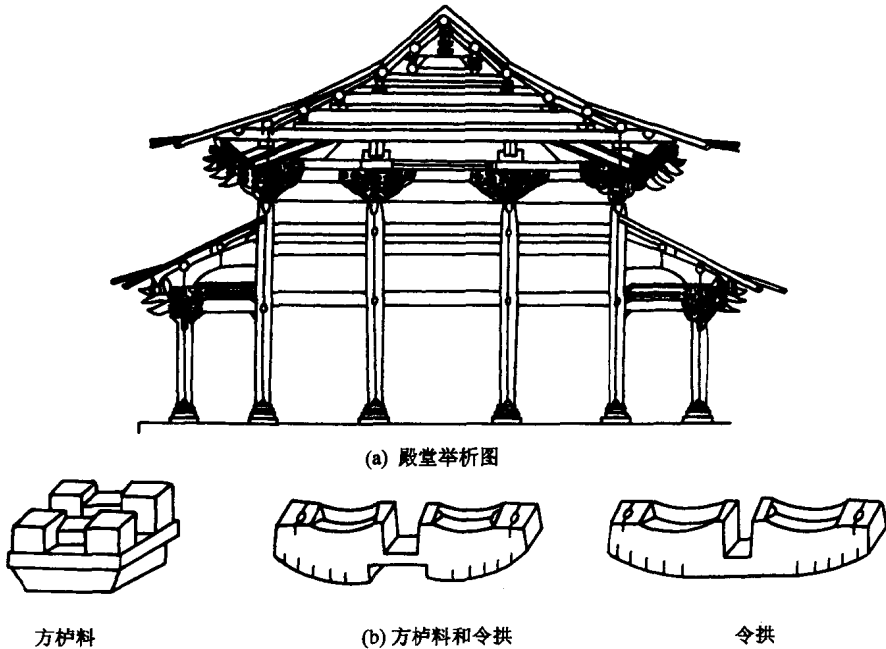


图 0-2 《营造法式》中的附图

随着生产技术的不断发展,使得图样的表达方法和制图技巧日趋成熟,图样的形式和内容也日益接近于现代工程图样,如明代宋应星所著的《天工开物》一书中所画的“水碾”图样(图 0-3)和清代《算法统筹》一书中用来表达丈量步车的零件图、装配图等均大都符合正投影原理或轴测投影原理。

但在解放前,由于我国长期处于半封建、半殖民地的统治下,几乎没有独立的民族工业,致使制图技术停滞不前,制图标准异常混乱。解放后,在中国共产党的领导下,我国的工农业生产得到了很快的恢复和发展,制图这门学科才得以起死回生,逐步走上了正规化的轨道。

国家科学技术委员会于 1959 年颁布了我国有史以来第一个《机械制图》和《建筑制图》的国家标准,使全国的工程图样有了统一的标准,随之又先后于 1974 年、1984 年、1993~1998 年对制图国家标准进行了修订,使之更加国际化和通用化,以适

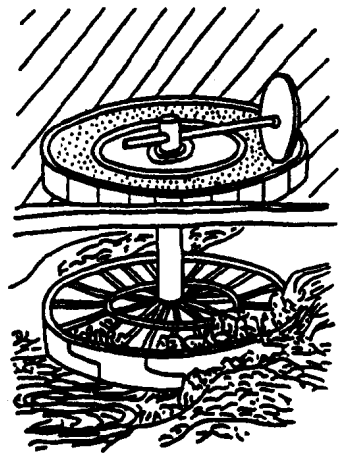


图 0-3 《天工开物》中的水碾图

应我国改革开放的需要。

此外,我国在改进制图工具、图样复制、撰写制图教材及制图理论研究方面均取得了可喜的成就。尤其是计算机绘图这一新技术在我国的普及和发展,更标志着我国的工程制图已进入了一个前所未有的新阶段,这些成就在我国的现代化建设中已起到了不可估量的作用。

任重而道远,让我们随着社会发展的步伐,进一步提高自己的制图技能,使我国的制图学科与其他学科一样走在世界的最前列。

第一章 制图的基本知识

1-1 制图国家标准的一般规定

图样是工程技术界的共同语言,为了便于指导生产和对外进行技术交流,制图国家标准对图样上的有关内容作出了统一的规定,每个从事技术工作的人员都必须掌握并遵守。国家标准(简称“国标”)的代号为“GB”。

本节仅就图幅、比例、字体、图线、尺寸注法等一般规定予以介绍,其余的内容将在以后的相关章节中叙述。

一、图纸幅面(图纸宽度与长度组成的图面)及格式(GB/T14689—93)

1. 图纸幅面尺寸

绘制技术图样时,应优先采用表 1-1 中规定的图纸基本幅面。

表 1-1 基本幅面 (mm)

幅面代号	尺寸 $B \times L$
A0	841×1189
A1	594×841
A2	420×594
A3	297×420
A4	210×297

必要时,也可以选用表 1-2 和表 1-3 中所规定的加长幅面。这些幅面尺寸是由基本幅面的短边成整数倍增加后得出的。

表 1-2 加长幅面(一) (mm)

幅面代号	尺寸 $B \times L$
A3×3	420×891
A3×4	420×1189
A4×3	297×630
A4×4	297×841
A4×5	297×1051

表 1-3 加长幅面(二)

(mm)

幅面代号	尺寸 $B \times L$
A0×2	1189×1682
A0×3	1189×2523
A1×3	841×1783
A1×4	841×2378
A2×3	594×1261
A2×4	594×1682
A2×5	594×2102
A3×5	420×1486
A3×6	420×1783
A3×7	420×2080
A4×6	297×1261
A4×7	297×1471
A4×8	297×1682
A4×9	297×1892

图 1-1 中粗实线所示为基本幅面(第一选择),细实线所示为表 1-2 所规定的加长幅面(第二选择),虚线所示为表 1-3 所规定的加长幅面(第三选择)。

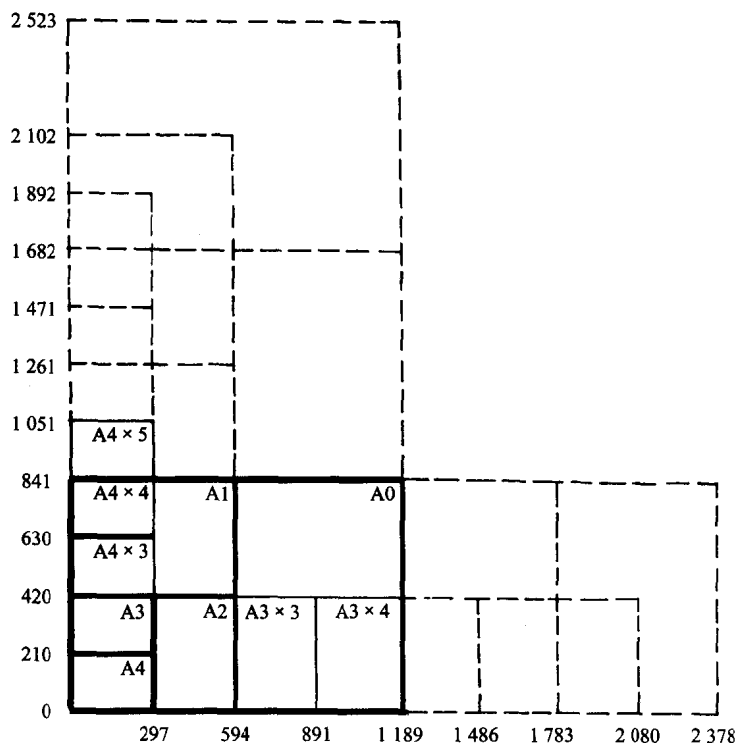


图 1-1 基本幅面与加长幅面

2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出图框(图纸上限定绘图区域的线框),其格式分为不留装订边

和留有装订边两种。

不留装订边的图纸,其图框格式如图 1-2 所示,周边尺寸 e 按表 1-4 中的规定选取。

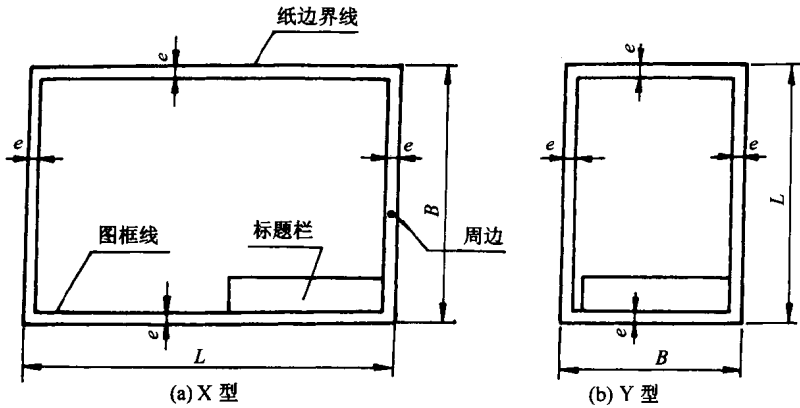


图 1-2 不留装订边的图框格式

留有装订边的图纸,其图框格式如图 1-3 所示,周边尺寸 a 与 c 也按表 1-4 中的规定选取。

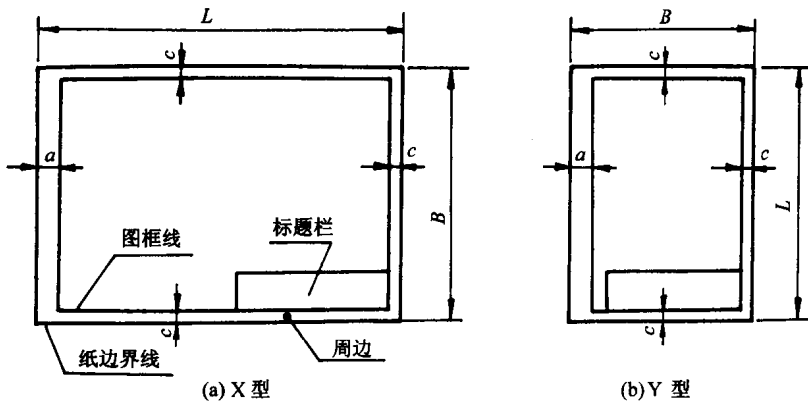


图 1-3 留有装订边的图框格式

加长幅面的图框尺寸,按所选用的基本幅面大一号的图框尺寸确定。例如 $A2 \times 3$ 的图框尺寸,按 $A1$ 的图框尺寸确定,即 e 为 20(或 c 为 10)。

表 1-4 基本幅面的图框尺寸

(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				

3. 标题栏的方位与格式

绘图时,必须在每张图纸的右下角画出标题栏(由名称及代号区、签字区、更改区或其他区组成的栏目)。

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)与图 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)与图 1-3(b)所示,此时,看图方向与看标题栏的方向一致。

为了使图样复制和缩微摄影时定位方便,应在图纸四边的中点处分别画出对中符号。

对中符号用粗实线绘制,线宽不小于 0.5mm,长度从纸边界线开始至伸入图框内约 5mm,如图 1-4 所示。当对中符号处在标题栏范围内时,则伸入标题栏部分省略不画,如图 1-4(b)所示。

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。此时,为了明确绘图与看图时的图纸方向,应在图纸的下边对中符号处画一个方向符号,如图 1-4 所示。

方向符号是一个用细实线绘制的等边三角形,其大小及所在位置如图 1-5 所示。

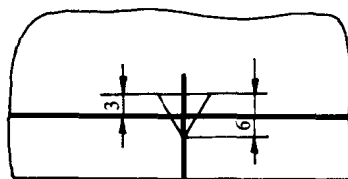
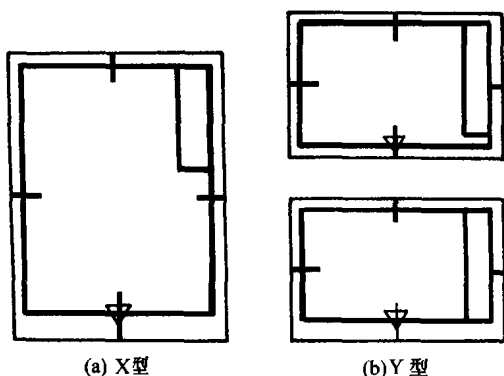


图 1-4 对中符号和方向符号

图 1-5 方向符号的大小与位置

对于标题栏的格式,国家标准 GB10609.1-89 已作了统一规定,如图 1-6 所示。为了学习方便,在学校的制图作业中,建议采用图 1-7 所推荐的格式。

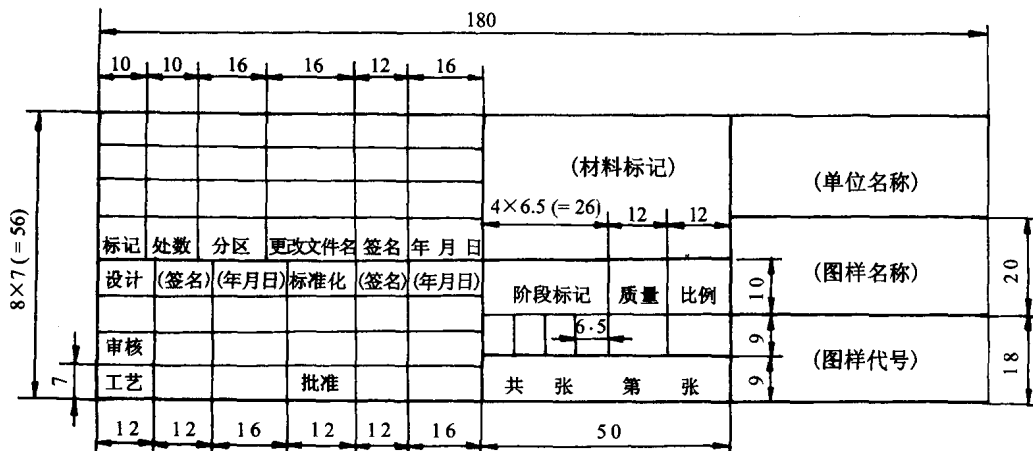
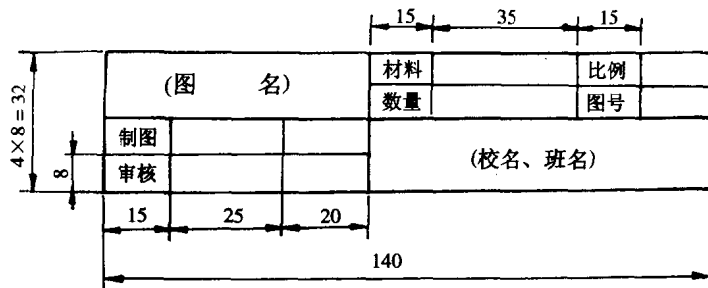
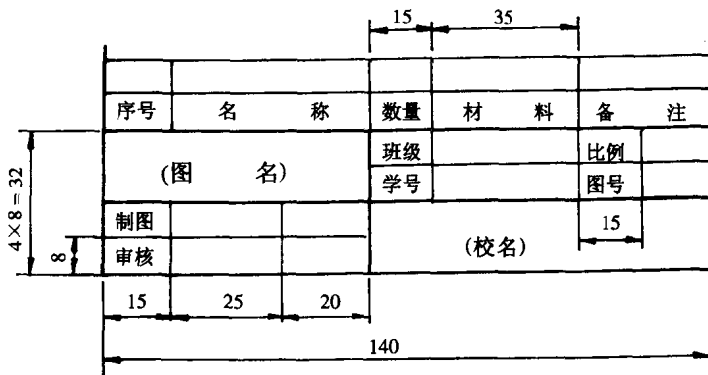


图 1-6 标题栏的标准格式

标题栏的外框线一律由粗实线绘制,其右边与底边均与图框线重合,标题栏的内部分格线均用细实线绘制。



(a) 零件图用标题栏



(b) 装配图用标题栏

图 1-7 学校推荐的标题栏格式

二、比例(GB/T14690—93)

图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比称为比例。

需要按比例绘制图样时,应从表 1-5 所规定的系列中选取。

表 1-5 规定的比例(一)

种类	比例
原值比例(比值为 1 的比例)	1 : 1
放大比例(比值 > 1 的比例)	5 : 1, 2 : 1, 5 × 10 ⁿ : 1, 2 × 10 ⁿ : 1, 1 × 10 ⁿ : 1
缩小比例(比值 < 1 的比例)	1 : 2, 1 : 5, 1 : 10, 1 : 2 × 10 ⁿ , 1 : 5 × 10 ⁿ , 1 : 1 × 10 ⁿ

注: n 为正整数。

必要时,也允许选取表 1-6 中的比例。

表 1-6 规定的比例(二)

种类	比例
放大比例	4 : 1, 2.5 : 1, 4 × 10 ⁿ : 1, 2.5 × 10 ⁿ : 1
缩小比例	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。

为了能从图样上得到实物大小的真实概念,应尽量采用原值比例绘图。绘制大而简单的

机件可采用缩小比例;绘制小而复杂的机件可采用放大比例,但不论采用缩小或放大的比例绘图,图样中所标注的尺寸,均为机件的实际尺寸。

图 1-8 表示同一机件采用不同比例所画出的图形。

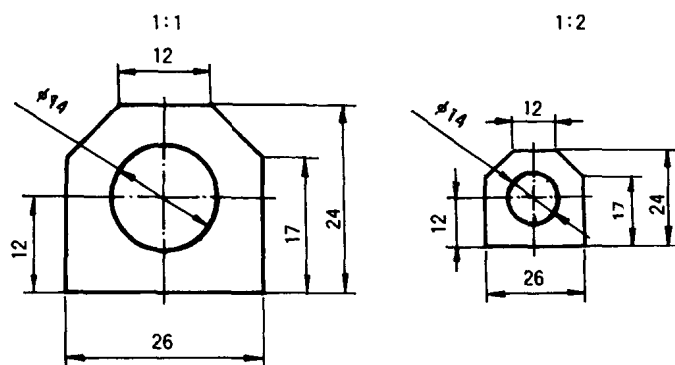


图 1-8 以不同的比例画出的图形

绘制同一机件的各个图形时,原则上应采用相同的比例,并在标题栏的“比例”一栏中进行填写,如 1:1 或 1:2 等。当同一机件的个别图形采用不同的比例时,可在视图名称的下方或右侧标注比例,如: $\frac{I}{2:1}$ 、 $\frac{A \text{ 向}}{1:2}$ 、 $\frac{B-B}{2.5:1}$ 、平面图 1:100 等。

三、字体(GB/T14691—93)

图样中除图形外,还需用汉字、字母、数字等来标注尺寸和说明机件在设计、制造、装配时的各项要求。

在图样中书写汉字、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(用 h 表示)的公称尺寸系列为 1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20mm。如需要书写更大的字,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。

1. 汉字

图样上的汉字应写成长仿宋字,并采用国家正式公布推行的简化字。汉字的高度 h 不应小于 3.5mm,其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

要写好长仿宋字,应从基本笔画和结构布局两方面下功夫:

① 基本笔画 长仿宋字的基本笔画如图 1-9 所示。书写基本笔画时,要注重运笔及顺序,在起笔、落笔、转折处需稍加用力并停顿一下,以形成呈三角形的笔锋,并保持横平竖直。

② 结构布局 长仿宋字的结构分对称和不对称两类。书写时要分配好偏旁部首所占据的比例;有时,即使是相同的部首,但在不同的字中所占的比例也不相同,如图 1-10 所示。

图 1-11 为图样上的常用的 10 号、7 号、5 号长仿宋字体示例。

2. 字母和数字

字母和数字分 A 型和 B 型两种。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 $1/10$ 。但在同一图样上,只允许选用一种形式的字体。

字母和数字均有斜体和直体之分。斜体字的字头向右倾斜,与水平基准线成 75° 。图样上一般采用斜体字。各种字母和数字的示例详见图 1-12。

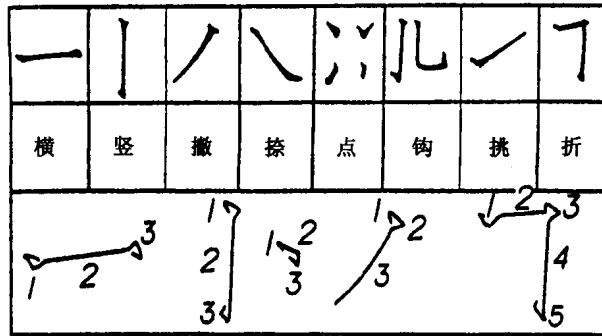


图 1-9 长仿宋字的基本笔画

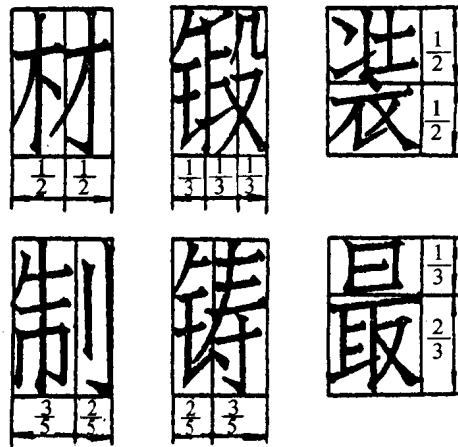


图 1-10 长仿宋字的结构布局

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

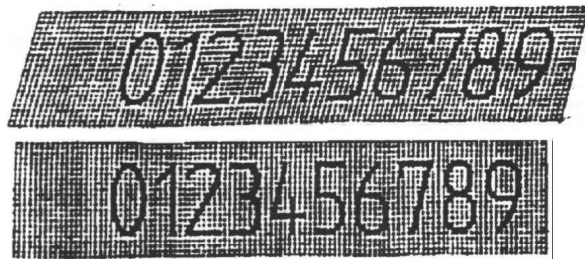
图 1-11 长仿宋字示例



(a) B型拉丁字母大、小写斜体示例



(b) A型希腊字母大、小写斜体示例



(c) A型阿拉拍数字斜体、直体示例



(d) A型罗马数字示例

图 1-12 各种字母和数字示例