



陆润民 许纪旻 编著

机械制图

(机类 近机类)



清华大学出版社

TH126
171

陆润民 许纪旻 编著

机械制图

(机类 近机类)

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是编者在清华大学多年从事机类机械制图课程教学和研究工作经验的沉积和提炼,并结合新的教学形势对内容进行了精选和整合。

全书内容主要包括:点、直线和平面的投影以及它们之间的相互位置关系,投影变换;基本体的投影、截切和相贯;组合体的画图、读图及尺寸标注;轴测图的画法;表示机件的图样画法;连接件和常用件;零件图和装配图。还结合 AutoCAD 2004 介绍了计算机绘图的基本内容。

本书可作为高等院校机类和近机类各专业开设“机械制图”课程的教材,也可作为其他类型教学或培训的教材和参考书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

机械制图(机类 近机类)/陆润民,许纪旻编著. —北京:清华大学出版社,2006.7
ISBN 7-302-12891-X

I. 机… II. ①陆…②许… 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(2006)第 037472 号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

责任编辑:庄红权

文稿编辑:曾 洁

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:22 字数:519千字

版 次:2006年7月第1版 2006年7月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-12891-X/TH·206

印 数:1~5000

定 价:29.00元

前 言

“机械制图”是一门传统的、相对古老的课程,又是工科类学生不可不学的基础课,正如人们不可不学语言一样。

由于该门课程的传统和古老,近些年来,人们不断地对本课程进行改革,做了不少尝试性的工作。但不管最后的表现形式如何,该课程借以立足的理论基础和方法以及基本内容并没有改变。

AutoCAD 只是一个图形工具,工具的改革是不能也不可能代替改革的工具的。但是,随着教学形势的发展而带来的减学时和计算机绘图技术的日渐完善及广泛应用,对本课程原有的传统内容进行重新定位、决定取舍和合理整合是必须的。因此,编者在思考和调研的基础上,归结编写本书的指导思想如下:

- (1) 继承本课程原有的基本内容和结构,以维护作为一门学科的完整性和科学性;
- (2) 总结提炼多年来从事机械制图教学和研究工作的经验,遵循学生的认知规律,按照教学活动的实际过程,对内容进行精选和整合,使教材更好用,方便整个教学活动的顺利进行;
- (3) 我们认为将 AutoCAD 的内容“结合”到原制图各章节中去的做法,并不能使两部分内容相得益彰,因此本书将其单独成章,以维护其系统性,且方便根据具体情况灵活组织教学;
- (4) 为了更好地帮助选用本书的师生提高教学效果,由许纪旻教授主编的《机械制图习题集》和《机械制图教学光盘》将作为配套教材与本书同时出版。

本书内容全面而充实,在配套教材中包含习题答案和讲课模型,可作为高等院校机类和近机类各专业开设“机械制图”课程的教材,也可作为其他类型教学或培训的教材和参考书,参考学时为 60~120。

对于在编写过程中可能出现的错漏之处,热忱希望得到广大读者的批评指正。

编者

2006 年 2 月于清华园

目 录

第 1 章 制图的基本知识	1
1.1 课程说明	1
1.2 投影法	2
1.3 国家标准的基本规定	4
第 2 章 点、直线和平面的投影	11
2.1 点的投影	11
2.2 直线的投影	16
2.3 平面的投影	21
第 3 章 几何元素间的相对位置	29
3.1 平行问题	29
3.2 相交问题	31
3.3 垂直问题	37
3.4 更换投影面	43
第 4 章 简单立体的投影	51
4.1 基本平面体的投影	51
4.2 基本回转体的投影	53
4.3 平面体的截切	59
4.4 回转体的截切	62
4.5 直线与立体相交	70
第 5 章 立体与立体相交	73
5.1 平面体与平面体相交	73
5.2 平面体与回转体相交	76
5.3 回转体与回转体相交	77
5.4 多形体相交	86
第 6 章 组合体	89
6.1 组合体的组成分析	89
6.2 组合体的绘图方法	91
6.3 组合体的读图方法	95

6.4 组合体的尺寸标注	99
第7章 轴测图	108
7.1 轴测图概述	108
7.2 正等轴测图的画法	110
7.3 轴测图的尺寸注法	118
7.4 斜二轴测图的画法	119
7.5 轴测草图的绘图技巧	120
第8章 表示机件的图样画法	123
8.1 视图	123
8.2 剖视图	127
8.3 断面图	140
8.4 简化画法和规定画法	144
8.5 轴测剖视图的画法	150
8.6 第三角投影简介	154
第9章 连接件和常用件的画法	156
9.1 螺纹及螺纹紧固件	156
9.2 键、销	167
9.3 齿轮	169
9.4 弹簧	182
9.5 滚动轴承	185
第10章 零件图的绘制	191
10.1 零件图的内容与绘制步骤	191
10.2 零件的视图选择	194
10.3 零件结构的工艺性	201
10.4 零件上圆角过渡的画法	203
10.5 零件的尺寸标注	205
10.6 几种典型零件的画法	219
10.7 零件图的读图方法	227
第11章 表面粗糙度与公差配合	230
11.1 表面粗糙度	230
11.2 极限与配合	237
11.3 表面形状和位置公差	249

第 12 章 装配图的绘制	258
12.1 装配图的用途和主要内容	258
12.2 装配图的规定画法	260
12.3 装配图的视图选择	264
12.4 装配图的标注	267
12.5 装配图的画法	269
12.6 装配关系的正确表达	273
12.7 装配图的读图方法	274
第 13 章 计算机辅助绘图	281
13.1 绘图准备工作	281
13.2 图形的绘制	286
13.3 图形的编辑	292
13.4 辅助定位技术	294
13.5 尺寸标注	297
13.6 实体造型	299
附录 A 常用螺纹及螺纹紧固件	302
附录 B 常用键与销	312
附录 C 常用滚动轴承	318
附录 D 常用材料及热处理	326
附录 E 极限与配合	333
参考文献	344

第 1 章 制图的基本知识

图形是人类借以承载、交流信息的一种基本媒体,它的出现甚至早于文字。在漫漫历史长河中,作为人类表达、构思和交流思想的重要工具,它随着科学技术的发展而发展,在推动社会的文明和进步中起了极其重要的作用。因此,以图形为基本研究对象的“图形学”是科技界最庞大的学科之一,也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。

1.1 课程说明

在工程技术界,无论是设计、施工或交流,都离不开图纸,它是一个工程产品在全生命周期内的重要技术文件。

以图形为主的工程图样是工程技术人员表达设计思想和进行交流的基本工具,因此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的聪明才智、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。本课程就是一门研究用投影法绘制工程图样和解决空间几何问题的理论及方法的技术基础课。

1.1.1 课程的任务

本课程的主要目标是培养学生能够自觉熟练运用投影理论和各种绘图技术来构思、分析和表达工程问题的能力,而这种能力正是一个工程技术人员所必须具备的基本素质和技能。概括起来其主要任务有以下几点:

- (1) 学习正投影法的基本理论,为绘制和阅读工程图样打下良好的理论基础。
- (2) 培养以图形为基础的形象思维能力。
- (3) 培养和发展空间构思能力、分析能力和表达能力。
- (4) 培养空间几何问题的图解能力和将科学技术问题抽象为几何问题的初步能力。
- (5) 培养阅读和绘制机械设计图样的基本能力。
- (6) 对计算机绘图有初步了解。

在本课程的教学过程中,要注重培养学生的自学能力、分析问题和解决问题的能力以及创造性思维能力,培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

本课程是一门工程技术基础课,丰富的学识和科学的作风,是将来顺利完成其他后续课程学习的保证,也可为今后工作中创造性地完成设计及制造任务奠定良好的基础。

1.1.2 学习方法提示

本课程的学习方法有以下 4 个要点。

1) 空间想象及空间思维与投影分析及绘图过程紧密结合

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。

面对以投影图表示的二维图形,要按照投影原理运用空间思维和想象能力,在空间进行分析和构思,最终形成三维状况。反之对于三维模型的表达,则要按照投影原理进行投影分析,总结归纳其结果,最后画出正确完整的图形。若要保证这两个过程得到正确无误的结果,其关键在于掌握投影原理方法与丰富的空间思维与想象。

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利用计算机,按照正确方法、步骤绘图的习惯。

由于工程图样是产品在全生命周期内的重要技术文件,因此不仅要求其承载的信息正确完整,而且要求图样本身要规范、清晰、整洁和美观。这在很大程度上取决于工程技术人员认真负责的工作态度、严谨的科学作风以及对正确的绘图方法、步骤和技能的掌握。

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,图形形成的方法和图样的具体绘制、标注方法及格式等都有严格、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各项规定,使自己所绘图样中的每个项目均符合“国家标准”的规定。

4) 和工程实际相结合

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。因此在学习过程中要做到多观察、勤思考、善总结。

1.2 投 影 法

1.2.1 投影法的基本概念

用光照射物体,在物体后面的地面上或墙壁上将会产生该物体的影子,这种现象称作投影。这种日常现象经过科学抽象,找出了影子和物体之间的几何关系,逐步形成了一种理论——投影法。在投影理论中,产生投影的元素被赋予了专门的名词,参见图 1-1。

在图 1-1 中,光源 S 称为投射中心,经过物体点 A 的光线称为投射射线,投射射线与平面 H 的交点 a 称为点 A 在平面 H 内的投影,承接投影的平面 H 称为投影面。

线、面和立体最终都可以简化为由一些基本点来定义,因此这些点的投影就可以形成

其相应几何元素的投影,构成相应的投影图。这种利用投影,在投影面上得到图形的方法称为投影法。根据投射光线几何位置关系的不同,投影法可以分为中心投影和平行投影两种。

1. 中心投影法

与点光源发散状的光线类似,投射线汇交于一点经过物体生成投影的方法称为中心投影法,如图 1-2 所示。由图可以看出,用中心投影法生成的投影图,不能反映物体表面的真实形状和大小。但用中心投影法可生成具有较强立体感的透视图。

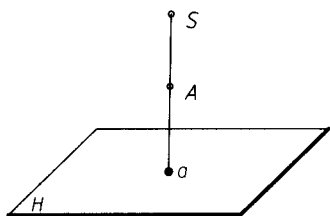


图 1-1 投影

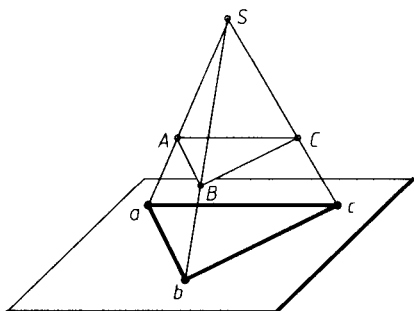


图 1-2 中心投影法

2. 平行投影法

用相互平行的投射光线生成投影的方法称为平行投影法,如图 1-3 所示。在平行投影法中,当投射光线与投影面垂直时,称为正投影法;当投射光线与投影面倾斜时,称为斜投影法。用平行投影法生成的投影图,有一些工程上特别有用的优点:

- (1) 空间平行的直线,其投影仍相互平行。
- (2) 与投影面平行的线段,其投影反映实长。

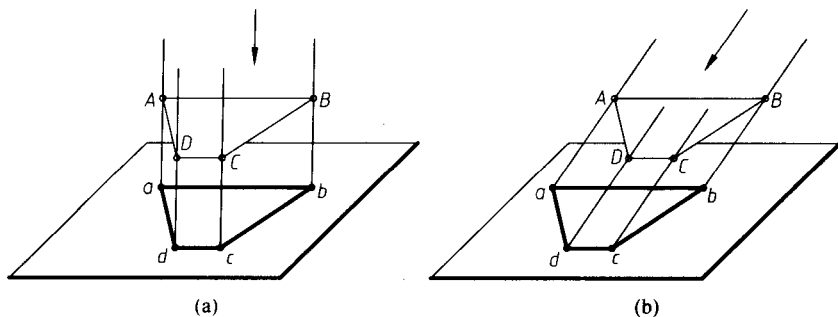


图 1-3 平行投影法

(a) 正投影; (b) 斜投影

本书只介绍平行投影法,其中正投影法被广泛用于绘制各种工程图样,以后书中所称的“投影”,如无特别说明均指正投影。斜投影法仅用于画轴测图。

1.2.2 多投影面体系

在正投影法中,物体的一个投影不能反映物体的全面特征。例如图 1-4 中,投影 a' 不

能说明产生其本身空间点的确切位置,它可以是 A ,也可以是 B 或 C 等。同样,投影三角形只反映了三角块在长和高两个方向上的度量,却不能反映出它在宽度方向上的度量。但如果在已有一个投影面的基础上,再加上一个与之相垂直的另一投影面,继续用正投影法将物体对该投影面作投影,则将物体在两个投影面上的投影联系起来,就能较为全面地反映空间物体的特征,如图 1-5 所示。

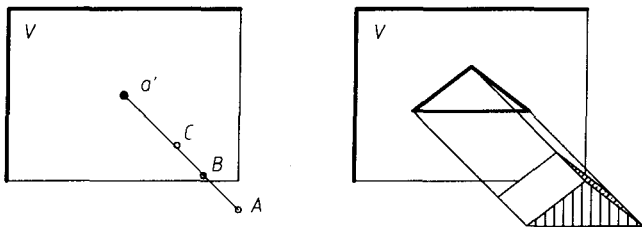


图 1-4 单个投影的不足

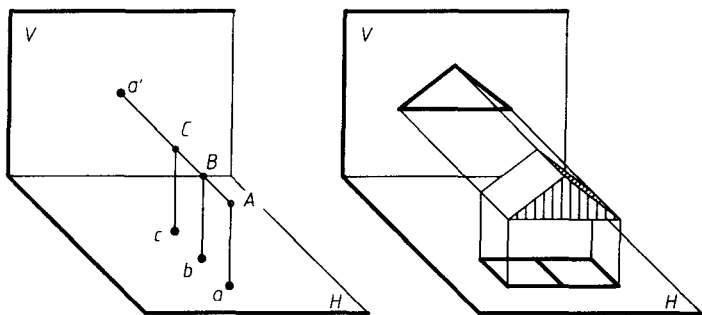


图 1-5 添加投影面

为此,工程上一般采用与物体的长、宽和高相对应的两个或多个相互正交的投影面组成投影面体系,用多个投影来较全面地表达物体。图 1-6 是一个常用的三投影面体系,由水平投影面(简称水平面或 H 面)、正立投影面(简称正面或 V 面)和侧立投影面(简称侧面或 W 面)三个投影面相互正交组成。两投影面之间的交线 OX 、 OY 和 OZ 称为投影轴,三投影轴的交点称为原点,物体在三个投影面内的投影则分别称为该物体的水平投影、正面投影和侧面投影。

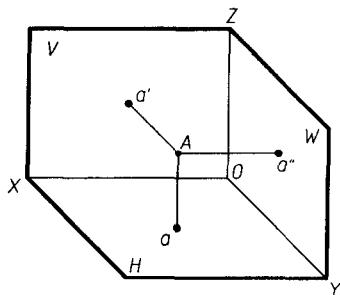


图 1-6 三投影面体系

1.3 国家标准的基本规定

工程图样是作为工程界的共同语言来使用的,规范性要求很高。因此,国家标准对图样中用到的图纸、图线、字体、绘图比例和尺寸标注等均作了严格的规定。中华人民共和国国家标准是国家技术监督局发布的法定技术文件,每个绘图人员在绘图时必须一丝不苟地遵守标准中的各项规定。

1.3.1 图纸幅面和格式

图纸幅面和格式由国家标准 GB/T 14689—1993《技术制图 图纸幅面和格式》规定。

1. 图纸幅面

图纸幅面指的是绘制图样时所采用纸张的大小。为了便于图纸的管理和合理使用纸张,国家标准规定在绘制技术图样时,应优先采用表 1-1 所规定的基本幅面。

表 1-1 图纸基本幅面尺寸

mm

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

绘图时,图纸可以竖用(短边水平),也可以横用(长边水平)。

2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出限定绘图区域的线框,这个线框称为图框。图框分为不留装订边和留有装订边两种格式,但同一产品的图样只能采用同一种格式。两种图框的格式分别见图 1-7 和图 1-8。

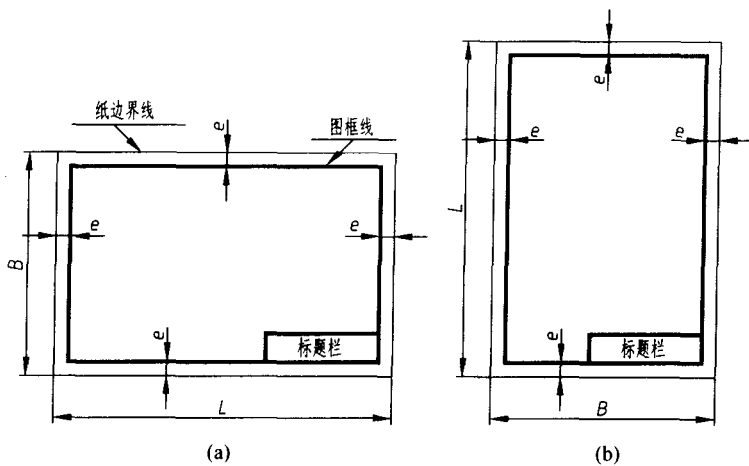


图 1-7 不留装订边的图框格式

(a) 图纸横放; (b) 图纸竖放

3. 标题栏

每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏可提供图样自身、图样所表达的产品及图样管理等若干信息,是图样不可缺少的内容。

标题栏应位于图框内的右下角,其底边与下图框线重合,其右边与右图框线重合,可参见图 1-7 和图 1-8。

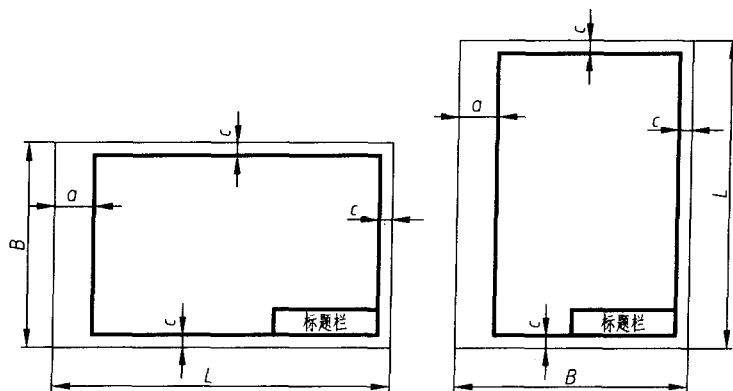


图 1-8 留有装订边的图框格式

(a) 图纸横放; (b) 图纸竖放

标题栏的基本要求、内容、尺寸和格式在国家标准 GB/T 10609.1—1989《技术制图 标题栏》中有详细规定,各设计单位根据本部门的情况会稍有变化,故在此不作统一介绍。在学习本课程并完成作业时可暂用如图 1-9 所示的格式,分别用于零件图和装配图。

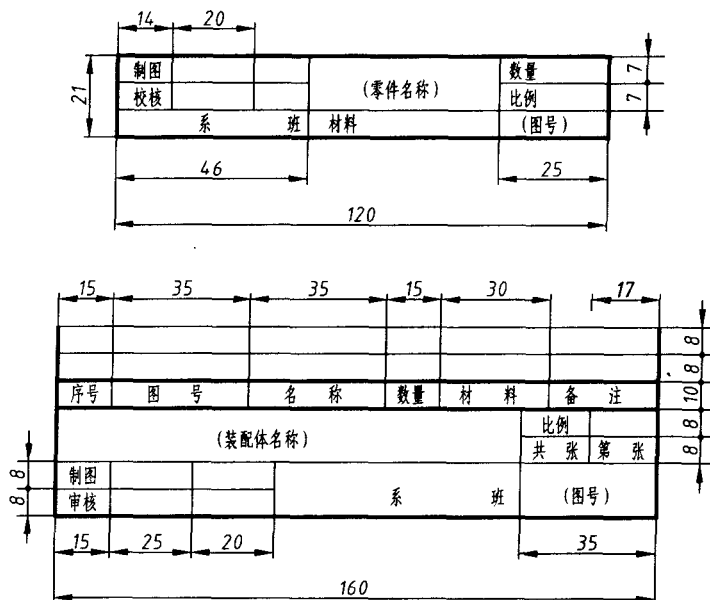


图 1-9 作业时用标题栏格式

1.3.2 图线

在绘制图样时,为了表示清楚图中的不同内容,必须使用不同线宽和线型的图线。对于图线,国家标准 GB/T 17450—1998《技术制图 图线》有详细规定,这里仅介绍部分基本内容。

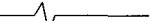
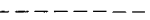
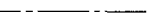
1. 图线尺寸及应用

所有线型的图线宽度(用 d 表示)应按图样的类型和尺寸大小在下列数系中选择:

0.13, 0.18, 0.25, 0.35, 0.5, 0.7, 1.0, 1.4, 2.0mm

在机械工程图样上采用两类线宽,称为粗线和细线,其宽度比例关系为 2:1,线宽优先选用 0.7mm。表 1-2 中列出了机械工程图样常用的线型及应用规定。

表 1-2 图线及应用

图线名称	图线型式	图线宽度	一般应用
粗实线		d	可见轮廓线
细实线		$0.5d$	尺寸线及尺寸界线、剖面线、重合断面的轮廓线、螺纹的牙底线及齿轮的齿根线、引出线、分界线及范围线、弯折线、辅助线、不连续的同一直面的连线、成规律分布的相同要素的连线、可见过渡线
波浪线		$0.5d$	断裂处的边界线、视图和剖视的分界线
双折线		$0.5d$	断裂处的边界线、视图和剖视的分界线
虚线		$0.5d$	不可见轮廓线、不可见过渡线
点画线		$0.5d$	轴线、对称中心线、轨迹线、分度圆及分度线
双点画线		$0.5d$	相邻辅助零件的轮廓线、极限位置的轮廓线、坯料的轮廓线或毛坯图中制成品的轮廓线、假想投影轮廓线、试验或工艺用结构(成品上不存在)的轮廓线、中断线

2. 画图线时的注意事项

- (1) 同一张图样中,同类图线的宽度和结构要素应一致。
- (2) 点画线和双点画线的首末两端应为“画”而不应是“点”。
- (3) 绘制圆的对称中心线时,圆心应为“画”的交点。首末两端应超出圆周外 2~5mm。
- (4) 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。
- (5) 各种图线相交时,在交点处应是线段(画),而不应是“点”或“间隔”。
- (6) 除非另有规定,两条平行线间的最小距离不得小于 0.7mm。
- (7) 图线不得与文字、数字或符号重叠、混淆。不可避免时,应首先保证文字、数字或符号的清晰。

1.3.3 字体

字体指的是图样中汉字、字母、数字的书写形式。国家标准 GB/T 14691—1998《技术制图 字体》对字体的要求作了规定。

1. 基本要求

- (1) 书写字体必须做到:字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

(2) 字体的高度(用 h 表示)必须符合规范,其高度系列为: 1.8, 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20mm。并以高度数作为号数对字体进行命名,如 7 号字即字高为 7mm。更大的字体,其高度应以 $\sqrt{2}$ 的比率递增。

(3) 汉字应写成长仿宋体,并应采用中华人民共和国国务院正式公布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。汉字的高度不应小于 3.5mm,其字宽一般约为 $0.7h$,书写时要注意做到横平竖直、注意起落、结构均匀、填满方格。

(4) 字母和数字分为 A 型和 B 型。A 型字体用于机器书写,字体的笔画宽度为字高的 $1/14$;B 型字体用于手工书写,字体的笔画宽度为字高的 $1/10$ 。在同一图样中,只允许选用同一种字型的字体。

(5) 字母和数字可写成斜体或直体。斜体字字头向右倾斜,与水平线约成 75° 角。

(6) 用作指数、分数、极限偏差、注脚等的数字及字母,一般采用小一号的字体。

2. 字体示例

各种字体的书写例子如图 1-10 所示。

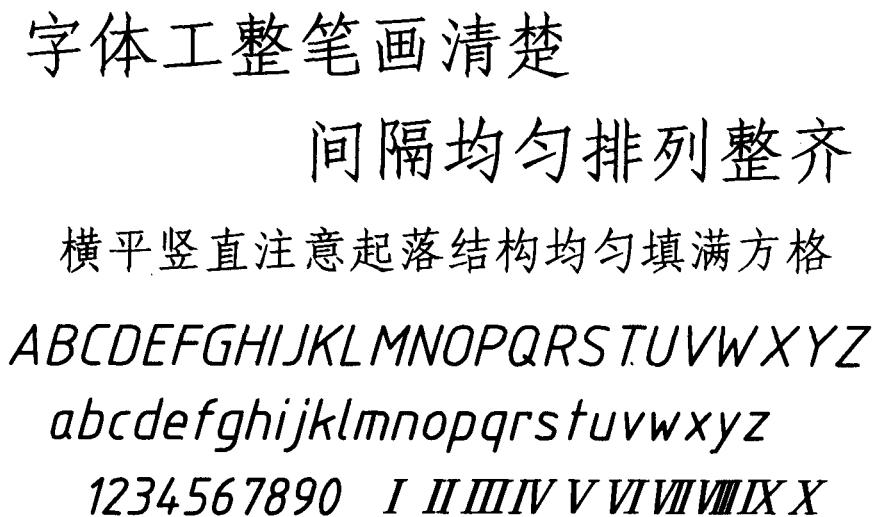


图 1-10 字体示例

1.3.4 比例

比例是指图样中图形与实物相应要素的线性尺寸之比。图形画得和相应实物一样大小时,比值为 1,称为原值比例;图形画得比相应实物大时,比值大于 1,称为放大比例;图形画得比相应实物小时,比值小于 1,称为缩小比例。在绘制图样时,应尽可能用原值比例按实物真实大小绘制,以利于读图。

国家标准 GB/T 14690—1993《技术制图 比例》对比例的选用作了规定。绘图时,首先应由表 1-3 规定的系列中选取适当的比例,必要时,也允许选取表 1-4 中的比例。

表 1-3 绘图比例(一)

种 类	比 例		
原值比例	1 : 1		
放大比例	5 : 1	2 : 1	
	$5 \times 10^n : 1$	$2 \times 10^n : 1$	$1 \times 10^n : 1$
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 1-4 绘图比例(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。

在绘制同一物体的各个视图时,应尽可能采用同一比例,此时可将采用的比例统一填写在标题栏的比例栏目中。当某个视图必须采用不同比例绘制时,可在视图名称下方或右侧另外标注出来。

1.3.5 尺寸标注

尺寸标注是图样中不可缺少的重要内容,图样中所表达物体各部分的真实大小及相对位置是要靠标注尺寸来确定的。标注尺寸必须遵守国家标准的有关规定,做到正确、完全、清晰、合理。

1. 基本规则

(1) 机件的真实大小应以图上所注尺寸数值为依据,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。

(3) 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。

(4) 图样中的尺寸,以 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,则必须注明相应的计量单位的符号或名称。

2. 尺寸的组成

完整的尺寸,由下列内容组成(图 1-11):

(1) 尺寸数字(包括数字前有时附加的规定符号);

(2) 尺寸线(有终端箭头或斜线);

(3) 尺寸界线。

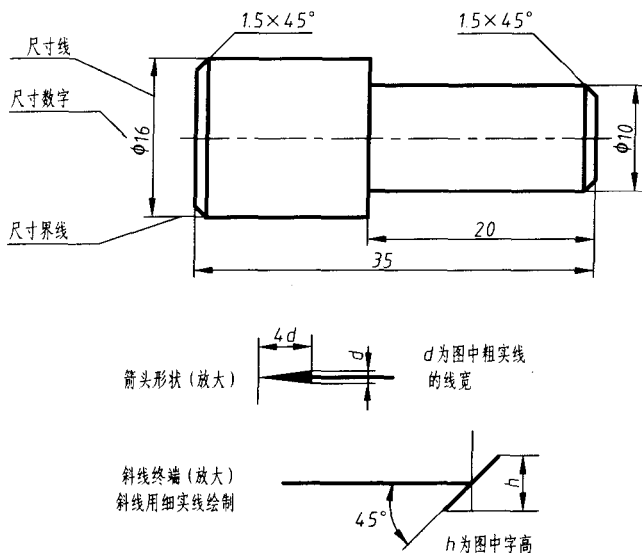


图 1-11 尺寸的组成

3. 组成元素的基本规定

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,也允许注写在尺寸线的中断处。
- (2) 水平注写时字头向上,垂直注写时字头向左。
- (3) 尺寸数字不可被任何图线穿过,当不可避免时必须把图线断开。
- (4) 数字要采用标准字体,字高全图应保持一致。

2) 尺寸线

- (1) 尺寸线用细实线绘制,不能用其他图线代替,也不得与其他图线重合或画在其延长线上。

- (2) 标注线性尺寸时,尺寸线必须与所标注的线段平行。

- (3) 尺寸线的终端符号全图应一致。

3) 尺寸界线

- (1) 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。

- (2) 也可利用轮廓线、轴线或对称中心线作尺寸界线。

- (3) 尺寸界线应与尺寸线垂直。当尺寸界线过于靠近轮廓线时,允许倾斜画出。