

高等学校工程图学系列教材

机械制图

主 编 吴艳萍

副主编 李世芸 许 平 熊湘晖



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等学校工程图学系列教材

机械制图

主 编 吴艳萍

副主编 李世芸 许 平 熊湘晖

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本系列教材根据高等学校工程图学教学指导委员会关于本课程教学基本要求,并结合作者多年教学研究和探索编写而成。包括:《机械制图》、《机械制图习题集》、《建筑制图》、《建筑制图习题集》、《计算机绘图——AutoCAD 2006》、《计算机辅助设计——Solid Edge》。本系列教材的编写为云南省精品课程主要建设内容之一。其编写采用迄今最新的国家标准,突出应用。

本书为该系列教材中的《机械制图》,全书共分十章。主要内容包括:制图的基本知识,正投影法基础,点、直线、平面的投影以及平面与平面立体相交,基本曲面立体的投影,组合体,轴测图,机件常用的表达方法,标准件、齿轮和弹簧,零件图,装配图。书后附有常用附录和机械制图常用的专业术语。与本书配套的《机械制图习题集》同时出版。

本书适合作为普通高等工科院校本科机械类及非机械类各专业教材,学时数 40~75,也可作为其他高校相关专业教材,亦可供有关工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械制图/吴艳萍主编. —北京:中国铁道出版社,
2007.7

(高等学校工程图学系列教材)

ISBN 978-7-113-08028-0

I. 机… II. 吴… 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(2007)第 113616 号

书 名:机械制图

作 者:吴艳萍 主编

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑:严晓舟 张 梅

责任编辑:李小军 徐盼欣

封面设计:路 瑶

特邀编辑:安增桂

印 刷:北京市兴顺印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张:17.25 字数:410 千

版 本:2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

印 数:1~5 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-08028-0/TH·123

定 价:24.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社计算机图书批销部调换。

前 言

随着“工程图学”课程教学改革及探索的不断深入,本课程的教学目的及任务越来越明确。“工程图学”作为一门工科、应用理科各专业都开设的工程基础课,以及一门培养高级技术人才的工科学科入门课程,肩负着培养学生基本工程素质、空间思维与想像能力、动手能力及综合素质的重任。

随着工程制图学科的发展和现代设计方法的引入以及现代科技对人才的要求,工程图学课程无论是课程体系、教学内容,还是教学方法与手段等方面,都发生了深刻的变化。传统的工程图学逐渐演变和分化为“工程制图”和“计算机辅助绘图”两大部分。而随着 CAD 技术的发展,计算机辅助绘图的内容体系又从二维 CAD (以 AutoCAD 为代表) 向三维造型设计 CAD (如 Solid Edge、Solidworks、UG、Pro-E 等) 转换。目前,包括我校在内的许多院校,“工程制图”和“计算机绘图”已分别开设于本科第一学年的上学期和下学期,作为两门课程分别进行考核和记学分,根据不同的专业,“计算机绘图”的教学内容为二维 CAD 或三维 CAD。为与这种变化相适应,我们在多年教学研究和探索成果的基础上,并根据教育部制订的“画法几何及工程制图课程教学基本要求”及“工程制图基础课程教学基本要求”,组织编写了《机械制图》、《建筑制图》、《计算机绘图——AutoCAD 2006》、《计算机辅助设计——Solid Edge》工程图学系列教材,本书为其中的《机械制图》。该系列教材的编写为云南省精品课程的主要建设内容之一,得到了各级领导、专家的大力支持和经费的资助。

本书坚持理论以应用为目的,注重培养学生绘制和阅读工程图的能力,教学内容的选择及结构体系完全适应应用型本科教学的需要,力求体现应用型本科的教学特色。为适应机械类、非机械类各专业的教学需要,不仅在教学内容的选择上有一定的伸缩性,而且所选图例尽量涵盖各专业需要,以满足各专业不同类型教学的要求。由于计算机绘图作为独立的课程分离出去,故本书没有包含计算机绘图部分。

本书全部采用《技术制图》及《机械制图》最新国家标准及与制图有关的其他标准。书中的插图全部由计算机绘制,平面图形清晰正确,立体图形形象逼真。

全书共十章,主要内容有:制图基本知识,正投影法基础,点、直线、平面的投影以及平面与平面立体相交,基本曲面立体的投影,组合体,轴测图,机件常用的表达方法,标准件、齿轮和弹簧,零件图,装配图。另外,还附有常用的附录和机械制图中常用的专业术语。

本书适合作为普通高等院校工科机械类和非机械类 40~75 学时工程制图课程的教材,也可作为其他类型高校相关专业的教学用书,亦可供有关工程技术人员参考。

本书由吴艳萍主编,李世芸、许平、熊湘晖副主编。许平编写绪论,李莎编写第一章,吴艳萍编写第二章,朱龙编写第三章,杨晓媛编写第四章,李世芸编写第五章,李锡蓉、陈磊编写第六、九章,顾红、李华、许平编写第七章,熊湘晖、胡英编写第八章,吴艳萍、朱

景春编写第十章，程莲萍编写附录 A，俞智昆编写附录 B。

与本书配套的《机械制图习题集》，由李锡蓉主编，李世芸、陈磊任副主编，同时出版。

本书的编写和出版，得到了昆明理工大学教务处、昆明理工大学机电工程学院和相关人员的大力支持和帮助，得到云南省“工程制图及 CAD 精品课程”建设项目的资助，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在错误、缺点和遗漏，恳请广大读者、专家不吝赐教，谢谢。

编 者

2007 年 4 月于昆明

目 录

绪 论	1
第一章 制图的基本知识	4
第一节 制图的基本规定	4
第二节 常用绘图工具及其使用方法	16
第三节 几何作图	18
第四节 平面图形的分析和画图步骤	23
第五节 绘图的方法和步骤	26
第二章 正投影法基础	29
第一节 投影法概述	29
第二节 三面投影的形成及其对应关系	30
第三节 基本平面立体的投影	34
第三章 点、直线、平面的投影以及平面与平面立体相交	36
第一节 点的投影	36
第二节 直线的投影	39
第三节 平面的投影	48
第四节 平面与平面立体相交	54
第四章 基本曲面立体的投影	59
第一节 回转体及其表面上的点	59
第二节 平面与回转体表面相交	66
第三节 两回转体表面相交	74
第五章 组 合 体	86
第一节 组合体的形体分析与线面分析	86
第二节 组合体投影图的画法	90
第三节 组合体的尺寸注法	95
第四节 读组合体的投影图	101
第六章 轴 测 图	109
第一节 轴测图的基本知识	109
第二节 正 等 测	110
第三节 斜 二 测	116
第七章 机件常用的表达方法	119
第一节 视 图	119
第二节 剖 视 图	123
第三节 断 面 图	137
第四节 局部放大图和常用简化画法	139

第五节 表达方法综合举例	142
第六节 第三角画法简介	145
第八章 标准件、齿轮和弹簧	148
第一节 螺 纹	149
第二节 螺纹紧固件	155
第三节 齿 轮	160
第四节 键、销连接	164
第五节 弹 簧	166
第六节 滚动轴承	169
第九章 零 件 图	173
第一节 零件图的内容	173
第二节 零件图的视图选择及尺寸标注	174
第三节 表面粗糙度	180
第四节 极限与配合和形位公差简介	185
第五节 零件结构的工艺性简介	194
第六节 读零件图	199
第七节 零件测绘	201
第十章 装 配 图	206
第一节 装配图的内容	208
第二节 装配图的表达方法	208
第三节 装配图的尺寸标注	210
第四节 装配图中的零、部件序号和明细栏	210
第五节 装配结构的合理性	213
第六节 部件测绘与装配图的画法	216
第七节 看装配图和由装配图拆画零件图	225
附录 A	236
一、螺 纹	236
二、常用的标准件	239
三、极限与配合	255
四、常用的零件结构要素	262
附录 B 机械制图中常用的专业术语	265

绪 论

一、本课程的性质、内容和任务

在现代科学技术和工业生产中，无论是制造各种机械设备、电气设备、仪器仪表，或加工各种电子元、器件，还是建筑房屋和进行水利工程施工等，都离不开工程图样。图样是表达设计意图、进行技术交流和指导生产的重要工具，是生产中重要的技术文件。因此，图样常被誉为“工程界的技术语言”或“工程师的语言”。作为一名工程技术人员，必须能够阅读和绘制工程图样。

机械制图是一门研究如何运用正投影的基本理论和方法，绘制和阅读机械图样的课程，其内容包括画法几何、制图基础、机械图三部分。画法几何部分介绍用正投影法图示和图解空间几何问题的基本理论和方法；制图基础部分介绍制图基本知识以及用正投影图表达物体内外形状及大小的基本绘图方法，根据投影图想像出物体内外形状的读图方法；机械图部分培养绘制和阅读机械图样的基本能力。

本课程的主要任务是：

1. 学习正投影法的基本理论及其应用；
2. 培养图解空间几何问题的能力；
3. 培养和发展空间想像能力、空间逻辑思维能力和创新思维能力；
4. 培养绘制和阅读工程图样的基本能力；
5. 培养实践的观点、科学的思考方法以及认真细致的工作作风；
6. 培养良好的工程意识。

二、本课程的学习方法

本课程是一门既有系统理论又有实践，而且实践性很强的课程。学习本课程要坚持理论联系实际的学风，认真学习投影理论，在理解基本理论的基础上，由浅入深地通过一系列的绘图和读图实践，不断地由物画图，由图想物，分析和想像空间形体与图纸上图形之间的对应关系，逐步提高空间想像能力和空间逻辑思维能力，从而掌握正投影的基本作图方法及其应用。做习题和作业时，应在掌握有关基本概念的基础上，按照正确的方法和步骤作图，养成正确使用绘图工具和仪器的习惯，遵守《机械制图》国家标准的有关规定。制图作业应做到：投影正确，视图选择与配置恰当，图线分明，尺寸齐全，字体工整，图面整洁美观。

工程图样在生产和施工中起着很重要的作用，绘图和读图的差错都会给生产带来损失。因此，在做习题和作业时，应培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

培养和发展想像力是本课程的核心任务，它属于开发智力的范畴，而非智力因素。良好的意志品质，稳定的情绪，浓厚而持久的学习兴趣，知难而进、坚忍不拔的性格和积极进取的精神，在本课程的学习中同样起着关键的作用。

三、工程图学的发展历程

从历史发展的规律来看,工程图和其他学科一样,也是从人类的生产实践中产生和发展起来的。

在文字出现前的很长一段时期内,人们是用图来满足表达的基本需要的,随着文字的出现,图画才渐渐摆脱其早期用途的约束而与工程活动联系起来。譬如在建造金字塔、战车、建筑物等完美的工程项目和制造简单而有用的器械时,已用图样作为表达设计思想的工具。

从大量的史料来看,早期的工程图样比较多的是和建筑工程联系在一起的,而后才反映到器械制造等其他方面。

春秋时代的《周礼考工记》、宋代的《营造法式》、《新仪象法要》及《天工开物》等著作反映了我国古代劳动人民对工程图样及其相关几何知识的掌握已达到了非常高的水平。

1799年,法国学者蒙日的《画法几何》问世,他全面总结了前人的经验,用几何学的原理,提供了在二维平面上图示三维空间形体和图解空间几何问题的方法,从而奠定了工程制图的基础。于是,工程图样在各技术领域中得到广泛使用,在推动现代工程技术和人类文明中发挥了重要的作用。

300年来,画法几何没有大的变化,仅在绘图工具方面有不断的改进。人类在实践中创造了各种绘图工具,从三角板、圆规、丁字尺、一字尺到机械式绘图机,这些绘图工具至今仍在广泛应用着。毋庸置疑,这种手工方式的绘图是一项劳累、繁琐、枯燥和极费时的的工作,而且画出的图精度也低。直到近30年,随着计算机软硬件技术和外部设备的研制成功和不断发展,导致了制图技术的重大变化,以至对画法几何的前景产生重大影响。计算机图形学(Computer Graphics,简称CG)和计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称CAD)技术大大地改变了设计方式。早期的CAD是用计算机绘图代替手工绘制二维图形,用绘图机输出图形。但近10年来三维设计迅猛发展,人们试图从设计开始就从真三维入手,直接产生三维实体,然后赋予各种属性(如材料、力学特性等),再赋予加工信息,直接到数控的加工中心。这样,用画法几何绘制的二维图形就变得不那么重要了。

另一种更先进的设计制造技术——虚拟设计(Virtual Design)、虚拟制造(Virtual Manufacturing)也正在迅速发展。这种技术借助于计算机网络和图形技术、多媒体技术、各种传感技术和其他与设计制造有关的技术,超越时间、空间的界限,将各种有关的信息迅速整理、传送,在虚拟的多维环境中实现交互设计制造,大大减少了各种不必要的浪费,降低了设计和制造成本,缩短了设计周期,提高了设计制造的速度和质量。

另外,还有一种不仅用于设计,也应用于各种感觉表现的技术——计算机虚拟真实(Virtual Reality)技术,这种技术借助于多媒体技术和各种仿真传感技术将各种实体、场景活生生地表现出来,并让用户的各种感官感受到刺激,进行自由交互,在虚拟真实的场景中漫游或操作,可达到以假乱真的程度。这种技术还处于探索和发展初期,但它的应用前景难以估量,集合计算机网络技术,它将根本改变人类的思维、生活和生产方式。

目前,我国的工程制图处在手工绘图与计算机绘图并存的时期。在发展比较快的地区,计算机绘图代替手工绘图已比较普遍,不少设计单位已经全部实现计算机出图。但三维设计还刚刚开始,自主产权的软件也比较少,虚拟设计制造也刚刚开始研究。工程技术学生应该有志气赶超世界先进水平,立志攀高峰,领导潮流,为把我国建设成现代化强国做出贡献。

第一章 制图的基本知识

Chapter 1 Fundamental Knowledge of Engineering Drawing

第一节 制图的基本规定

General Standards of Engineering Drawing

机械图样是设计和制造机械过程中的重要技术资料，是工程界技术交流的语言。为了便于生产和技术交流，对图样的画法、尺寸注法、所用代号等均须做统一的规定，使绘图和读图都有共同的准则，这些统一规定由国家制订和颁布实施，用于机械图样的国家标准有《技术制图》和《机械制图》。

对于标准编号，例如 GB/T 4457.4—2002，其中“GB/T”为推荐性国家标准代号，G、B、T 分别表示“国”、“标”、“推”汉语拼音的第一个字母。“4457.4”表示该标准的顺序号，“2002”表示该标准的批准年号。

本章摘要介绍制图国家标准中的图纸幅面、比例、字体、图线、尺寸标注等内容。

一、图纸幅面（GB/T 14689—1993）和标题栏（GB/T 10609.1—1989）[Formats and Title Block]

（一）图纸幅面

为了便于图样的绘制、使用和管理，机件的图样均应画在具有一定格式和幅面的图纸上。GB/T 14689—1993 规定绘制图样时，应优先采用表 1-1 中规定的基本幅面。必要时可由基本幅面沿短边成整数倍加长，加长幅面尺寸参见图 1-1 或国标的有关规定。

表 1-1 图纸基本幅面尺寸及图框尺寸 mm

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

（二）图框格式

在图样上必须用粗实线画出图框，其格式分为留装订边和不留装订边两种，如图 1-2 和图 1-3 所示。图框的尺寸按表 1-1 确定。

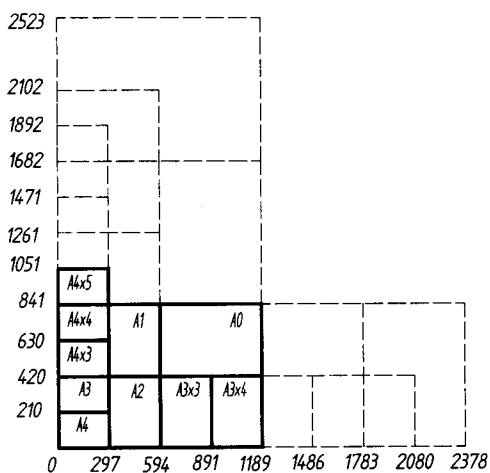
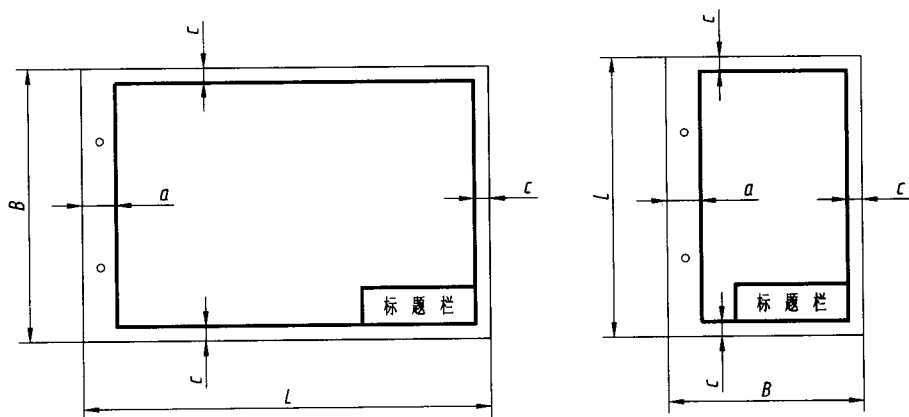


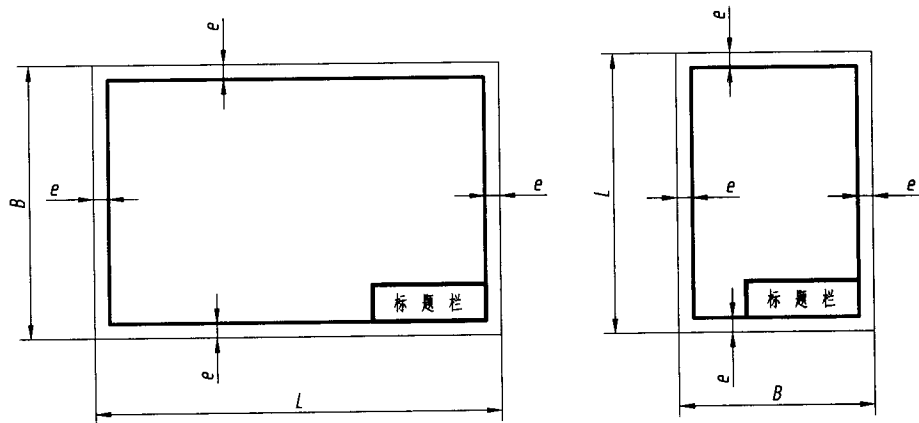
图 1-1 图纸基本幅面及加长幅面尺寸



(a) 图纸横放

(b) 图纸竖放

图 1-2 留有装订边的图框格式



(a) 图纸横放

(b) 图纸竖放

图 1-3 不留装订边的图框格式

(三) 标题栏

每张图样都必须画出标题栏，标题栏的位置一般应按图 1-2 及图 1-3 的方式配置。标题栏中的文字方向为绘图和看图的方向。当使用预先印制了图框、标题栏和对中符号的图纸时，为了明确绘图与看图时图纸的方向，应在图纸的下边对中符号处画出一个方向符号，如图 1-4 所示。

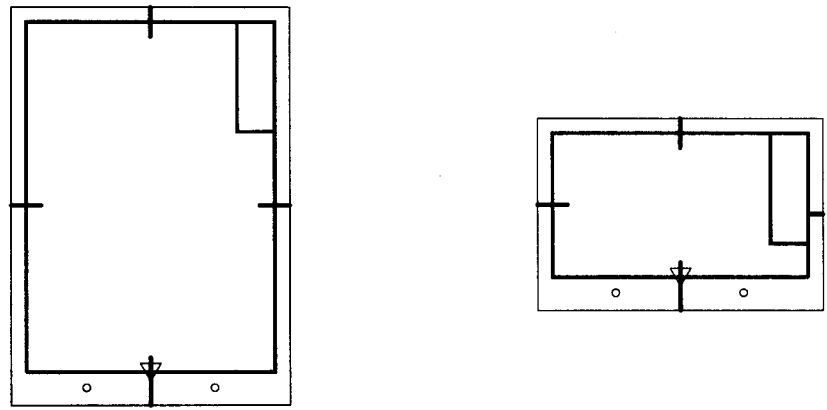


图 1-4 看图方向与标题栏的方位

标题栏的格式和尺寸应遵照 GB/T 10609.1—1989 的规定。在制图作业中，建议采用图 1-5 的简化格式。

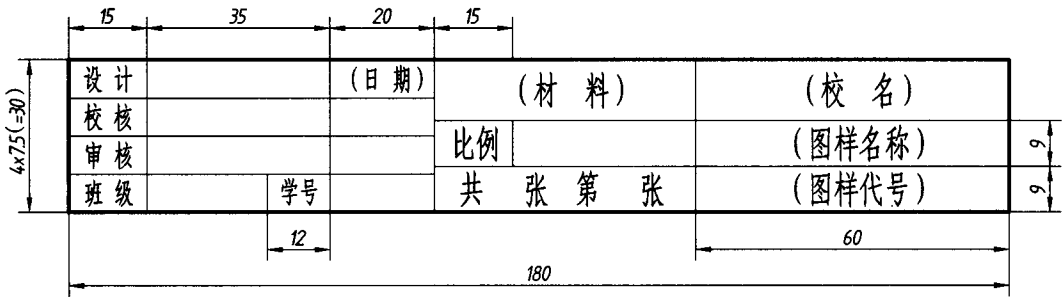


图 1-5 制图作业的标题栏

二、比例 (GB/T 14690—1993) [Scale]

比例是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。

绘制图样时，应由表 1-2 “优先选择系列”中选取适当的绘图比例。必要时允许从表 1-2 “允许选择系列”中选取。为了从图样上直接反映出实物的大小，绘图时应尽量采用原值比例。

表 1-2 比例系列

种 类	定 义	优先选择系列	允许选择系列
原值比例	比值为 1 的比例	1 : 1	—

续上表

种 类	定 义	优先选择系列	允许选择系列
放大比例	比值大于 1 的比例	5 : 1 2 : 1 $5 \times 10^n : 1$ $2 \times 10^n : 1$ $1 \times 10^n : 1$	4 : 1 2.5 : 1 $4 \times 10^n : 1$ $2.5 \times 10^n : 1$
缩小比例	比值小于 1 的比例	1 : 2 1 : 5 1 : 10 $1 : 2 \times 10^n$ $1 : 5 \times 10^n$ $1 : 1 \times 10^n$	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 为整数。

比例一般应标注在标题栏中的“比例”栏内；必要时，也可标注在视图名称的下方或右侧。不论采用何种比例，图形中所标注的尺寸数值必须是实物的实际大小，与图形的比例无关，如图 1-6 所示。

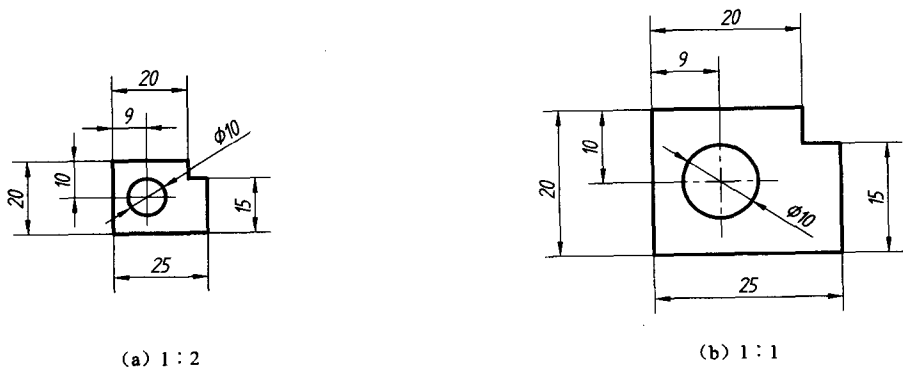


图 1-6 用不同比例画出的同一机件的图形

三、字体 (GB/T 14691—1993) [Lettering]

在图样上除了表示机件形状的图形外，还要用文字和数字来说明机件的大小、技术要求和其他内容。

在图样和技术文件中书写汉字、数字、字母必须做到：字体端正、笔画清楚、排列整齐、间隔均匀。字体的号数用 h 表示，即字体的高度，分别为 20、14、10、7、5、3.5、2.5、1.8 mm，大于 20 的按 $\sqrt{2}$ 比率递增。

汉字应采用长仿宋体，字体高度不应小于 3.5 mm，字体宽度一般为字体高度的 2/3。书写长仿宋字的要求是：横平竖直，注意起落，结构匀称，填满方格。

数字和字母分直体和斜体两种，常用斜体。斜体字字头向右倾斜，与水平线约成 75° 。数字及字母的笔画宽度约为字体高度的 1/10。

汉字、数字和字母示例见表 1-3。

表 1-3 字体

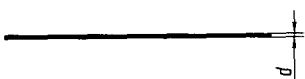
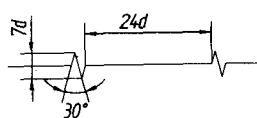
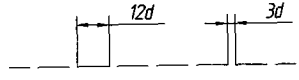
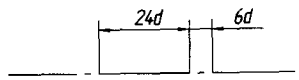
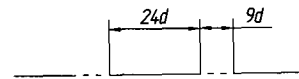
字 体		示 例
长仿宋体汉字	10号	字体工整笔画清楚
	7号	横平竖直 注意起落 结构均匀
	5号	徒手绘图尺规绘图计算机绘图都是必备的绘图技能
	3.5号	图样是工程技术人员表达设计意图和交流技术思想的语言和工具
拉丁字母	大写斜体	<i>ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ</i>
	小写斜体	<i>abcdefghijklmnopqrstuvwxyz</i>
阿拉伯数字	斜体	<i>0123456789</i>
	直体	0123456789
罗马数字	斜体	<i>I II III IV V VI VII VIII IX X</i>
	直体	I II III IV V VI VII VIII IX X
字体的应用	$\phi 20^{+0.010}_{-0.023}$ M24-6h R15 220 V 380 kPa 700 r/min $\phi 25$ H6 II 6.3 2.100 m5 2 : 1 	

四、图线及其画法 (GB/T 17450—1998, GB/T 4457.4—2002) [Line and Its Drawing]

国家标准中规定,在机械图样中有九种线型,图线采用粗细两种线宽,它们之间的比例为 2:1。粗线的宽 d 应按图的大小和复杂程度,在 0.5~2 mm 之间选择,优先选用 0.5、

0.7 mm。图线宽度的数系为：0.13 mm、0.18 mm、0.25 mm、0.35 mm、0.5 mm、0.7 mm、1 mm、1.4 mm、2 mm。机械图样中图线的代码、名称、线型、宽度以及一般应用，见表 1-4 和图 1-7。

表 1-4 图线

代 码	名 称		线 型	线 宽	在图上的一般应用
01	实 线	粗实线		d	(1) 可见轮廓线 (2) 螺纹牙顶线、螺纹长度终止线 (3) 齿轮的齿顶圆和齿顶线
		细实线		$d/2$	(1) 可见过渡线 (2) 尺寸线及尺寸界线 (3) 剖面线 (4) 重合断面的轮廓线 (5) 引出线 (6) 螺纹牙底线和齿轮的齿根线
		波浪线		$d/2$	(1) 断裂处的边界线 (2) 视图与剖视图的分界线
		双折线		$d/2$	(1) 断裂处的边界线 (2) 视图与剖视图的分界线
02	虚 线	细虚线		$d/2$	(1) 不可见轮廓线
		粗虚线		d	(1) 允许表面处理的表示线
04	点 画 线	细点画线		$d/2$	(1) 轴线、对称线和中心线 (2) 齿轮的分度圆和分度线 (3) 孔系分布的中心线 (4) 剖切线
		粗点画线		d	(1) 限定范围表示线
05	双 点 画 线	细双点画线		$d/2$	(1) 相邻辅助零件的轮廓线 (2) 极限位置的轮廓线 (3) 假想投影轮廓线 (4) 中断线 (5) 轨迹线

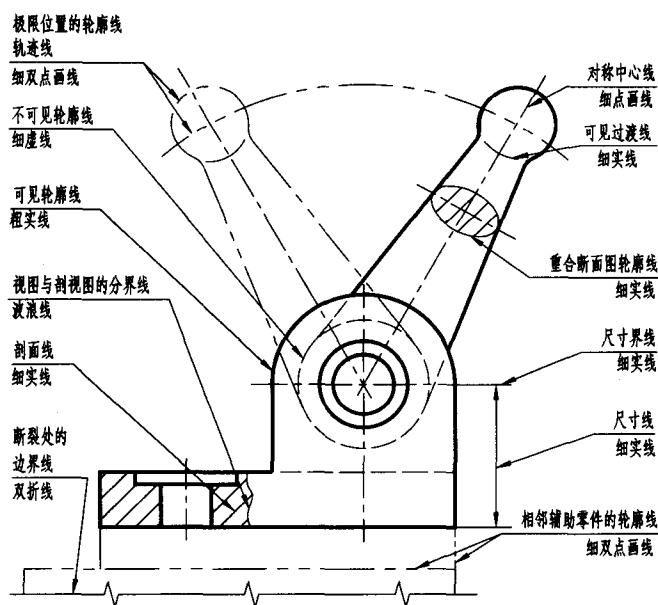


图 1-7 图线的应用示例

如图 1-8 所示, 绘制图线时, 通常应遵守以下各点:

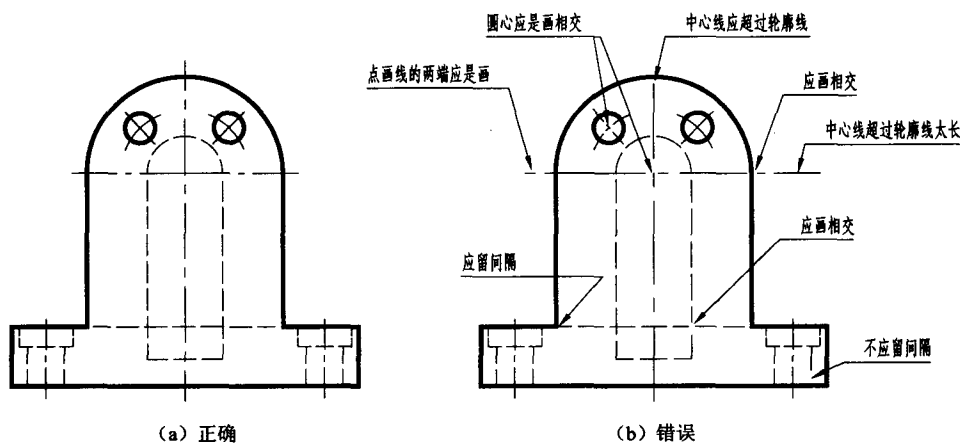


图 1-8 图线的画法

(1) 在同一图样中, 同类图线的宽度应基本一致。虚线、点画线及双点画线的画的长度和间隔应各自大致相等。

(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) 绘制圆的对称中心线时, 圆心应为画的交点。点画线与双点画线的首末两端应是画而不是点。

(4) 在较小的图形上绘制点画线、双点画线有困难时, 可用细实线代替。

(5) 轴线、对称中心线、双折线和作为中断线的细双点画线, 应超出轮廓线 2~5 mm。

(6) 细点画线、细虚线和其他图线相交时, 都应在画处相交, 不应在间隔或点处相交。