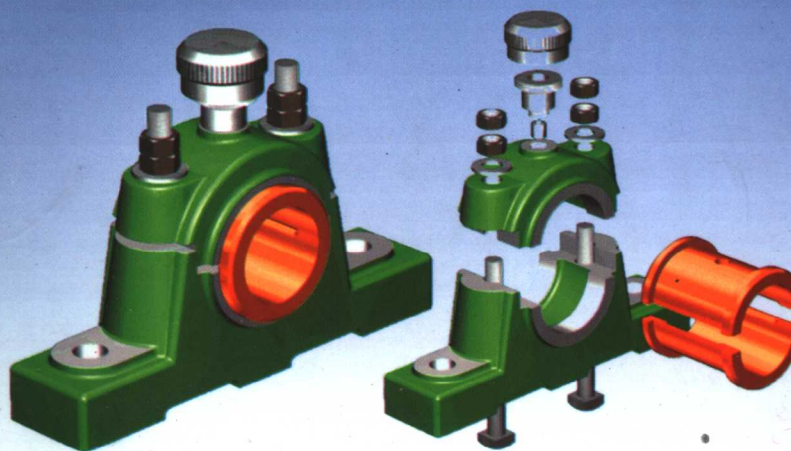


面向 **21** 世纪

高等学校系列教材

主编 李凤平 张士庆 苏 猛 屈振生

机械图学



NEUPRESS
东北大学出版社

面向 21 世纪高等学校系列教材

机 械 图 学

主编 李凤平 张士庆 苏 猛 屈振生

东北大学出版社

• 沈 阳 •

内 容 提 要

本书主要阐述正投影法的基本原理、图示方法和机械图,图解内容相对集中,并以计算机绘图为主要绘图手段。全书共分十三章,主要内容有:绪论,制图基本知识和技能,计算机绘图,平面立体及其投影,曲线、曲面及回转体,几何形体的截切与相贯,组合体,轴测投影,机件常用表达方法,零件图,标准件和常用件,装配图,图解问题与图解方法,其他工程图简介及附录。

本书是工科高等学校本科各类专业《机械图学》的试用教材,可供电视大学、函授大学、大专等有关专业的师生使用,也可供有关工程技术人员参考。

与本书配套使用的教材还有《机械图学习题集》。

© 李凤平 等 2003

机 械 图 学

图书在版编目 (CIP) 数据

机械图学 / 李凤平等主编. —3 版. — 沈阳 : 东北大学出版社, 2003.9 (2006.8 重印)
ISBN 7-81054-407-1

I. 机… II. 李… III. 机械制图 IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 058690 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳市政二公司印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 184mm × 260mm

印 张: 23.75

字 数: 593 千字

出版时间: 2003 年 9 月第 3 版

印刷时间: 2006 年 8 月第 3 次印刷

责任编辑: 张德喜

封面设计: 唐敏智

责任校对: 张淑萍

责任出版: 杨华宁

定 价: 30.00 元 (含光盘)

第三版前言

本书是在第二版的基础上,根据2002年中国工程图学学会第十三届教育研讨会会议精神 and 现代图学发展趋势的要求,结合辽宁工程技术大学近几年“机械类专业人才培养方案及教学内容和课程体系改革的研究与实践”,参考各有关方面的意见修订而成。

本书与第二版比较,主要做了以下几个方面的修改和调整。

(1) 对不规范的图形、符号等实施优化处理;对有误和不适当的图形、文字实施全面修改或更新。

(2) 对“计算机绘图”内容做了调整,增加了三维造型功能。

(3) 对部分内容做了删减或修改。

(4) 增加了与教材配套的学习指导光盘。

本书是以机械类(100~140学时)为主编写的,也可作为近机类(90~100学时)和非机类(50~70学时)专业的教材。与本书配套使用的《机械图学习题集》同时做了相应的修订,仍由东北大学出版社同时出版。

本书由李凤平、张士庆、苏猛、屈振生主编,参加这次修订工作的有李凤平(第五、六、九章)、张士庆(绪论、第三、十二、十三章)、苏猛(第一、八、十一章)、屈振生(第二、四、七、十章)。参加插图绘制和修改工作的有毛志松、田晶、姚继权和杨梅等。李凤平统稿,张玉琛主审。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见。

编 者

2003年6月

前 言

本书系根据原煤炭部《面向 21 世纪煤炭高等工程教育教学内容和课程体系改革计划》中的“机械类专业人才培养方案及教学内容和课程体系改革的研究与实践”项目的要求,并参照国家教委 1995 年印发的“画法几何及工程制图课程教学基本要求”以及结合辽宁工程技术大学多年的教改实践而编写的实用教材,适于普通高校工科本科各专业。

1. 本教材将图示和图解内容截然分开,画法几何已不再自成系统,图解内容集中,供机械类专业使用以及有关专业选用。书名为《机械图学》。

2. 教材中引用了 1998 年版 CAXA 电子图板软件,彻底甩掉图板。

3. 增加了构形设计内容和创新实践教学环节,以提高学生的空间构思能力和创造能力。

4. 本书是以机械类(100~150 学时)为主编写的,也可作为近机类和非机类专业《机械图学》的教材。对于少学时(50~70)专业,建议删掉第十二、十三章和第四章的部分内容,并在保留的章节中只讲基本内容和较简单的例子;近机类(90~100 学时)专业,删去第十三章和第十二章中的第一、二、四、五节。

5. 本教材的插图全部用计算机绘制。

6. 与本教材配套使用的还有《机械图学习题集》。

本书由辽宁工程技术大学工程图学教研室集体编写,共十三章及附录。担任主编的有张士庆副教授(绪论、第三章、第十二章和第十三章),屈振生副教授(第二章、第四章、第七章和第十章),李凤平副教授(第五章、第六章和第九章),苏猛副教授(第一章、第八章和第十一章)。毛志松、田晶、姚继权和杨梅等同志参加了编写工作。由张士庆统稿。

本书由张玉琛教授主审,刘明新教授、李贵轩教授对本书的编写提出了很多指导性的建议,在此表示感谢。

本教材是将各类学时的基本要求融为一体,又将计算机绘图贯穿始终,这种大胆的尝试是前所未有的。鉴于我们的教改经验不足,业务能力有限,书中缺点和不足之处在所难免,诚恳希望使用本教材的朋友提出宝贵意见。

编 者

1998 年 12 月

第二版前言

近年来,国家质量技术监督局陆续发布了一些有关技术制图新的国家标准。主要有:图线、视图、剖视图和断面图、简化表示法、剖面区域的表示法以及滚动轴承和中心孔表示法等,并于1999年7月1日实施。由于原版教材的很多内容与最新标准出入较大,因此我们决定下大力量修订。

在修订过程中,主要做了如下工作:

1. 凡不符合国家新标准的内容和插图,全部更新。
2. “第二章 计算机绘图”部分做了较大修订。
3. 将原版采用的电子图板绘图软件升级到CAXA 2000版。
4. 对部分内容做了充实和调整。
5. 改正了原版中存在的错别字及不规范的符号等不当之处。
6. 与本教材配套的《机械图学习题集》也做了修订,并由东北大学出版社同时出版。

本书第二版仍由辽宁工程技术大学工程图学教研室集体完成。担任主编的有:苏猛副教授、李凤平副教授、屈振生副教授和张士庆副教授。最后由苏猛统稿,张玉琛教授主审。参加本次修订的还有毛志松、田晶、杨梅和姚继权同志。刘明新教授和李贵轩教授对本书提出了一些指导性建议,并给予了大力支持,这里表示衷心感谢。

由于编者水平所限,书中难免还有不足之处,欢迎使用本书的朋友们提出宝贵意见。

编者

2000年10月

目 录

第〇章 绪 论	1
第一节 本学科的研究对象、学习目的和学习方法	1
第二节 投影的基本知识	2
第一章 制图基本知识和基本技能	6
第一节 机械制图国家标准内容简介	6
第二节 几何作图	16
第三节 平面图形的尺寸分析和作图	19
第四节 绘图工具及绘图方法简介	20
第二章 计算机绘图	24
第一节 计算机绘图系统概述	24
第二节 计算机绘图法	26
第三节 CAXA 二维电子图板的功能和使用方法	27
第四节 CAXA 三维电子图板的功能和使用方法	49
第三章 平面立体及其投影	56
第一节 基本几何要素的投影	56
第二节 常见平面立体的投影	75
第四章 曲线、曲面及回转体	78
第一节 曲线概述	78
第二节 常见曲线的投影	80
第三节 曲面概述	82
第四节 回转体	83
第五节 螺旋面	89
第五章 几何形体的截切与相贯	91
第一节 平面立体截切	91
第二节 曲面立体截切	94
第三节 平面立体与曲面立体相交	102
第四节 两曲面立体相交	104
第六章 组合体	115
第一节 三视图及其投影规律	115
第二节 组合体的构形及图示特点	115
第三节 组合体视图的画法	119
第四节 组合体视图的尺寸标注	123

第五节 读组合体视图的方法.....	127
第七章 轴测投影.....	134
第一节 轴测投影的基本知识.....	134
第二节 正等轴测图.....	135
第三节 正二测图的画法.....	141
第四节 斜二测图.....	143
第五节 轴测剖视图的画法.....	145
第六节 轴测图上交线的画法和轴测图的选择.....	147
第七节 应用 CAXA 电子图板创建三维实体及其投影图	149
第八章 机件常用的表达方法.....	156
第一节 视图.....	156
第二节 剖视图.....	162
第三节 断面图.....	172
第四节 局部放大图.....	174
第五节 简化画法及其他规定画法.....	175
第六节 综合应用举例.....	178
第九章 零件图.....	182
第一节 零件图的内容.....	182
第二节 零件的表达分析.....	182
第三节 零件上的常见结构及表达.....	190
第四节 零件图的尺寸标注.....	196
第五节 零件图上的技术要求.....	201
第六节 读零件图.....	215
第七节 零件测绘.....	217
第十章 标准件和常用件.....	225
第一节 螺纹.....	225
第二节 常用的螺纹紧固件.....	232
第三节 键及其联接.....	240
第四节 销及其联接.....	242
第五节 滚动轴承.....	243
第六节 齿轮.....	245
第七节 弹簧.....	255
第八节 CAXA 电子图板 2000 标准件图库的调用方法	258
第十一章 装配图.....	260
第一节 装配图的作用和内容.....	260
第二节 装配图的表达方法.....	261
第三节 装配图上的尺寸标注和技术要求.....	264
第四节 装配图中的编号和明细表.....	264

第五节	装配结构的合理性·····	266
第六节	部件测绘·····	267
第七节	装配图的画法·····	268
第八节	看装配图的方法和步骤·····	274
第九节	由装配图拆画零件图·····	282
第十二章	定位与度量问题的图解方法·····	288
第一节	定位与度量问题综述·····	288
第二节	综合图解法的常用基本作图·····	288
第三节	换面法·····	297
第四节	旋转法·····	306
第五节	综合问题的分析与图解·····	310
第十三章	其他工程图简介·····	317
第一节	焊接图·····	317
第二节	展开图·····	323
附录 ·····	332	
一、常用零件结构要素	·····	332
二、螺纹	·····	334
三、螺栓	·····	338
四、双头螺柱	·····	339
五、螺钉	·····	340
六、螺母	·····	344
七、垫圈	·····	347
八、键	·····	350
九、销	·····	352
十、紧固件通孔及沉孔尺寸	·····	354
十一、滚动轴承	·····	355
十二、公差与配合	·····	358
十三、常用材料及热处理名词解释	·····	364
参考文献 ·····	368	

第〇章 绪 论

第一节 本学科的研究对象、学习目的和学习方法

一、本学科的研究对象

图形一直是人类表达和交流思想的重要工具。17 世纪末以来,在工程技术领域,以投影图为基础的图样成为描述机器、设备及建筑物形状、结构的重要技术文件。这种高效大容量传递信息的工程图样的优点是准确、直观、简便。

机械工程领域常用的图样是装配图和零件图。在学习、设计、制造、使用和维修机械的过程中都离不开机械图样,“图样”是工程界表达思想、交流技术的语言。

图样的基础理论、制作方法及应用还广泛渗透到许多学科和领域。例如,以平面图表达空间几何元素、几何形体的图示法和以平面图解决空间几何问题的图解法,就是广为采用的工具。

本学科是一门研究图样的生成理论及制作方法的学科。

二、本课程的学习目的和任务

本课程是高等院校中一门既有理论,又有实践的重要技术基础课。目的是培养学生具有绘图、看图能力和相应的空间想象能力,其主要任务是:

- (1) 学习投影法(主要是正投影法)的基本理论及其应用。
- (2) 培养对形体的图示表达能力。
- (3) 培养绘制和阅读工程图样(主要是机械图样)的基本能力。
- (4) 培养形象思维能力和空间思维能力。
- (5) 学习计算机绘图技能。
- (6) 培养认真细致的工作作风。

在学好本课程的基础上,通过后续课程的学习以及实践经验的积累,就能逐步地具有绘制合理的生产图样的能力。

三、本课程的学习方法

本课程与初等几何学有一定联系,但就方法和目标而言又是一门全新的课程。学习过程中要注意如下几点。

(1) 充分发挥并培养空间思维和构形能力。绘图和读图过程主要是大脑的思维过程。这是一个极其复杂的过程,其中既包含直观,也包含抽象;既有形象思维成分,又含有逻辑思维过程。

(2) 始终以形体为对象,以图为中心,通过一系列由浅入深的绘图和读图实践,逐步掌握其方法,并熟悉制图的国家标准和有关技术标准。

(3) 在了解计算机绘图原理的基础上,加强上机实践,这样才能掌握软件应用以及操作技能,为后续课打下坚实基础。

(4) 仪器绘图、徒手绘制草图和计算机绘图是三种相辅相成的绘图方式,不可偏废。每一种方式都需要下功夫去练习。

(5) 认真完成作业, 采用正确的作图步骤和方法。作图不但要正确, 而且图面要整洁。注意联系生产实际, 多看、多画。

第二节 投影的基本知识

一、投影法

物体在光线照射下, 就会在地面或墙面上留下影子。将这一自然现象作几何抽象, 总结其中规律, 就产生了投影法, 如图 0-1 所示。设点 S 为投影中心, 平面 P 为投影面, 空间点 A, B, C 分别与 S 连成直线 SA, SB, SC , 它们与 P 的交点 a, b, c 称为对应点 A, B, C 在 P 上的投影。连线 SA, SB, SC 称为投影线。这种使物体产生图像的方法称为投影法。

二、投影法的分类

1. 中心投影法

投影线汇聚于空间一点 (投影中心) 的投影方法, 称为中心投影法 (图 0-2)。

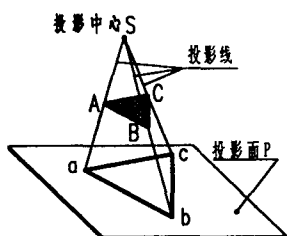


图 0-1 投影法

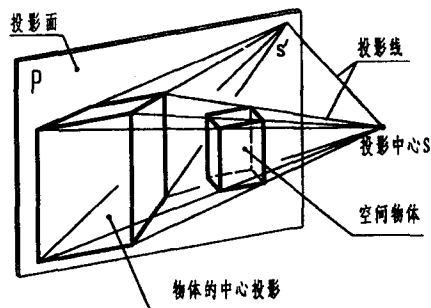


图 0-2 中心投影法

2. 平行投影法

投影线都互相平行的投影方法称为平行投影法 (图 0-3), 投影线的方向 L 称为投影方向。按照投影方向 L 与投影面 P 的夹角关系又可分为两种:

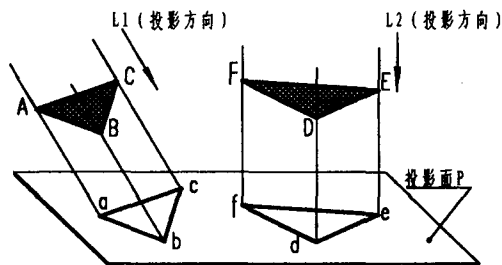


图 0-3 平行投影法

(1) 斜投影法 投影方向倾斜于投影面。

(2) 正投影法 投影方向垂直于投影面。正投影法作图方便, 在工程图样中得到广泛的

应用。本书主要叙述正投影方法，一般简称为投影法。

三、平行投影的基本性质

1. 实形性

当直线或平面图形平行于投影面时，其投影反映原直线的实长或原平面图形的实形（图 0-4）。

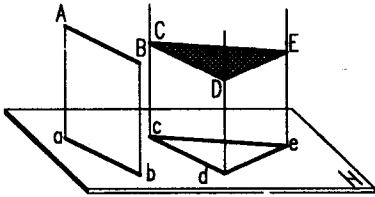


图 0-4 投影的实形性

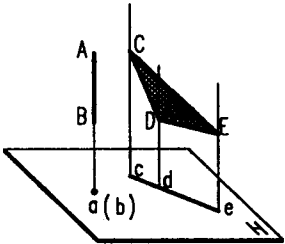


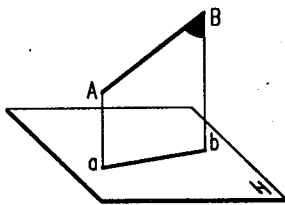
图 0-5 投影的积聚性

2. 积聚性

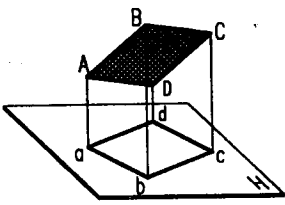
当直线或平面平行于投影线时，其投影有积聚性，即直线的投影为一点，平面的投影为一直线段（图 0-5）。

3. 类似性

当直线或平面图形与投影面倾斜时，其投影为类似形。直线的投影为缩短了的一段直线；平面图形的投影为原图形的类似形（图 0-6 (a), (b)）。



(a) 直线的投影



(b) 平面的投影

图 0-6 投影的类似性

4. 定比性

点分割线段成定比，在其投影上，该比例保持不变（图 0-7），即 $CD:DE = cd:de$ 。

5. 平行性

空间两条直线平行，其投影仍保持平行（图 0-7），即 $AB \parallel CD$ ，则 $ab \parallel cd$ 。

根据上述性质可知，用平行投影（尤其是正投影）法绘制物体的投影图时，比较简便且度量性

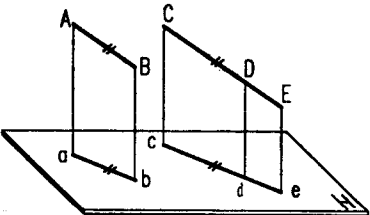


图 0-7 投影的平行性、定比性

好，故在工程图样中得到广泛的应用。

四、常用工程图

1. 多面正投影图

用正投影法绘制的图形称为正投影图(图 0-8)。工程图要求投影图所表达的物体的几何形状与大小必须是惟一的。图 0-8 (b)所示单面正投影图，它显然不能满足这一条件。以图 0-9 为例，两个不同形体可以有相同的单面正投影图。而对于图 0-8 (b)，可以有多种形体与之对应(图 0-10)。为此，一般设立多个投影面，将物体分别向各个投影面投影，从而得到一组正投影图，以此反映物体的完整形状。

图 0-11 (a) 是取三个互相垂直的投影面 V ， H ， W ，使它们构成一个三投影面体系。形体投影后， V 面不动， H ， W 面按图 0-11 (b) 所示转动，使其展开到一个平面内。

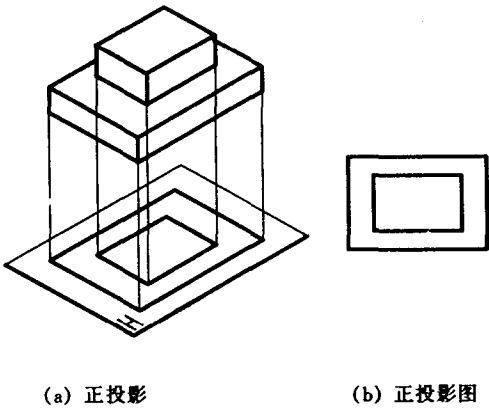


图 0-8 正投影图

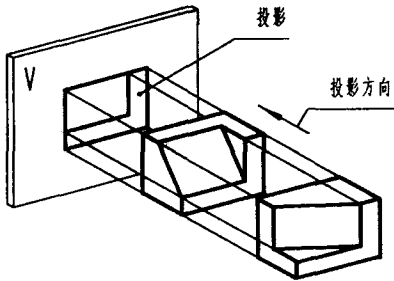


图 0-9 单面投影不能确定物体形状

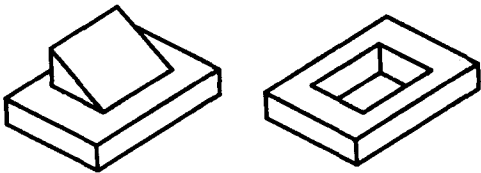
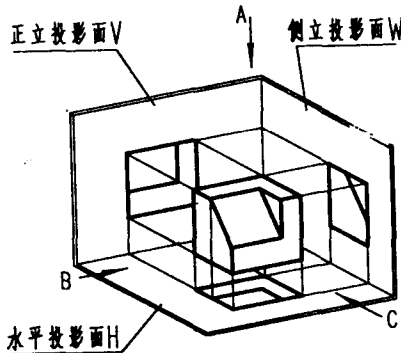
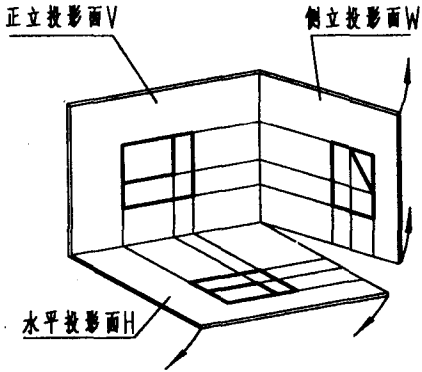


图 0-10 具有相同 P 面投影的形体



(a) 三投影面体系及投影



(b) 三投影图展开到一个平面上

图 0-11 三投影面体系及三面投影图的形成

图 0-12 是该形体的三面投影图。

多面正投影图表达准确，作图简便，是工程图最常用的形式。其缺点是立体感差。

2. 轴测投影图

用平行投影法，作出物体的单面投影，使其能同时反映出物体的长、宽、高三个方向的形状和结构，从而具有立体感。这种投影图称为轴测投影图。图 0-8，图 0-9，图 0-11 中富有立体感的图形就是轴测投影图。它作图较难、繁，度量性不如正投影图，因此常作为辅助图使用。

3. 标高投影图

用正投影法将一段地形的等高线或物体的等值线投影到一个投影面上，并标注出等高(值)线数值，这种带有标高的正投影图称为标高投影图(图 0-13)，地形图一般均采用这种形式，图上附有作图的比例尺。

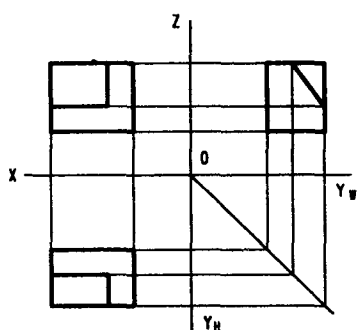


图 0-12 三面投影图

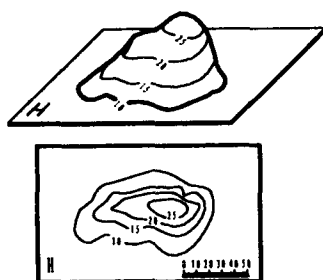


图 0-13 标高投影图

4. 透视图

用中心投影法，在投影面(画面)上画出房屋的单面投影称为透视图(图 0-14)。透视图常用于形体宏大的建筑物。透视图相当于一个人的眼睛在投影中心的位置所看到的该房屋的形象，或者将摄影机放在投影中心所拍得的照片，所以显得十分逼真，但它的度量性差，作图较难。

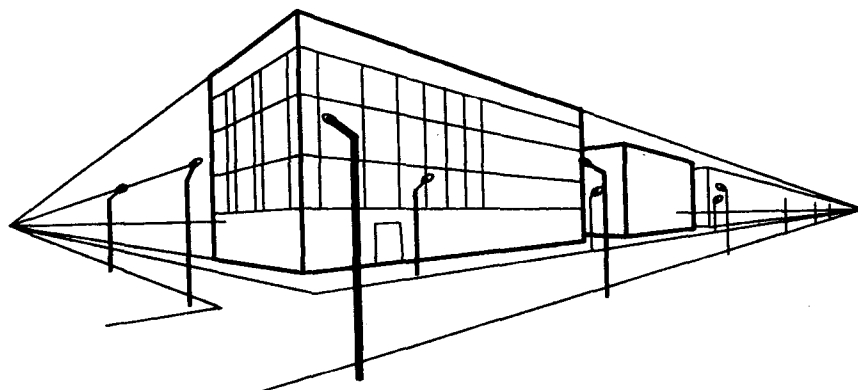


图 0-14 透视图

第一章 制图基本知识和基本技能

第一节 机械制图国家标准内容简介

本节仅简要介绍国家标准（简称“国标”，代号为“GB”）对图样中图纸幅面和格式、比例、字体、图线和尺寸注法的部分内容，其余有关内容将在以后各章中分别介绍。

一、图纸幅面和格式（GB/T14689—93）

绘制图样时，应优先采用表 1-1 中所规定的基本幅面，其格式如图 1-1 所示。

表 1-1 图纸幅面 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		
a	25				
c	10			5	

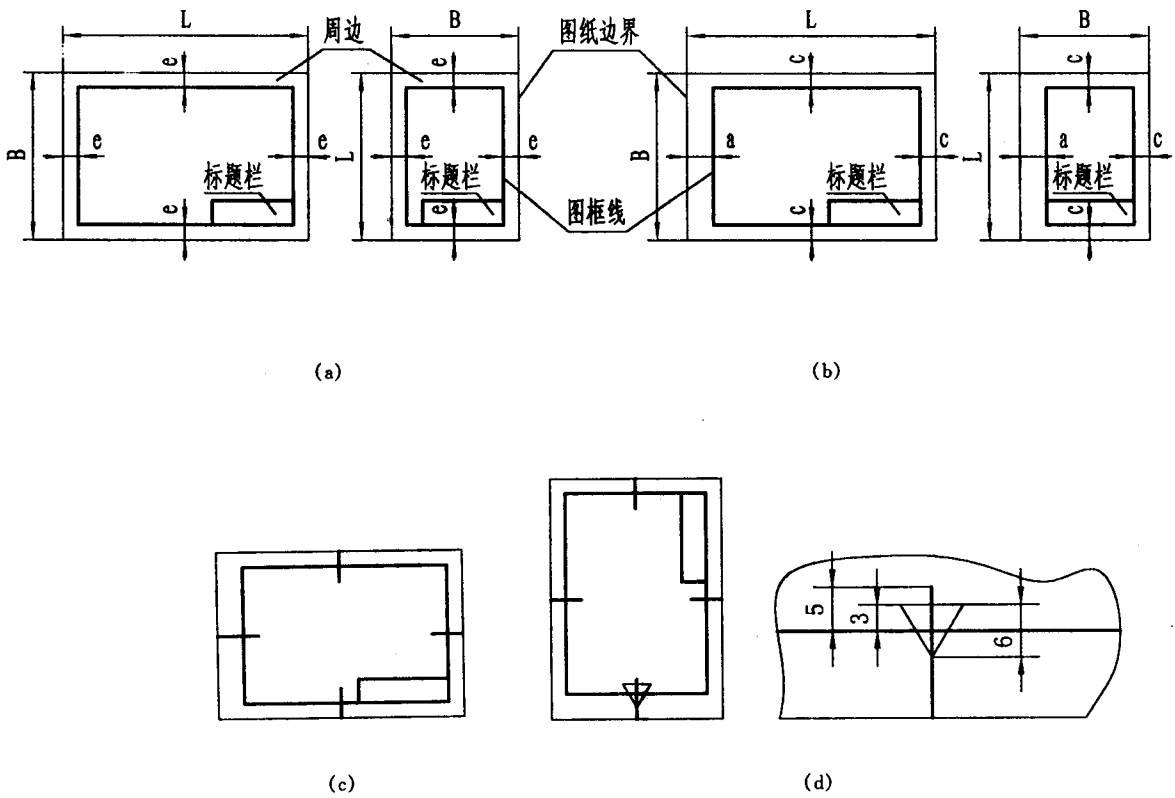
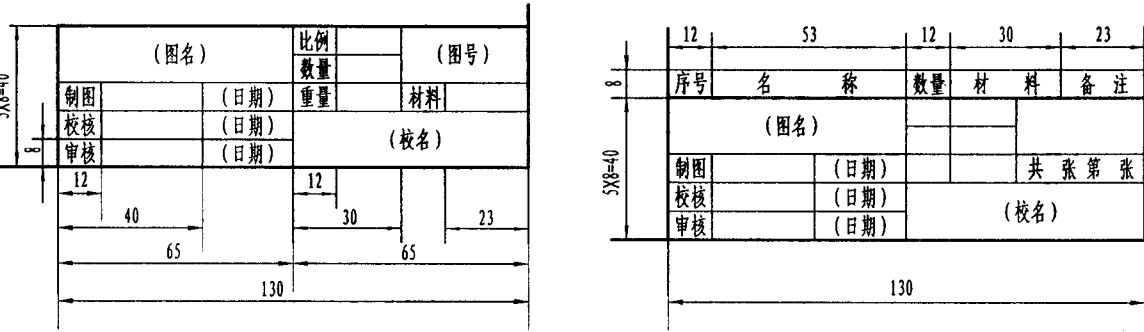


图 1-1 图纸幅面和图框格式

图框的格式分为不留装订边（图 1-1（a））和留装订边（图 1-1（b））两种。图纸幅面框用细实线绘制，图框线用粗实线绘制。

标题栏的位置按图 1-1（a），（b）所示配置在图框的右下角。标题栏中的文字方向一般为看图方向，必要时，也可以按图 1-1（c），（d）所示的方式配置。国家标准规定的生产上用的标题栏内容较多，较复杂，在学校的制图作业中可以简化，建议采用如图 1-2 所示的简化标题栏。



(a) 零件图标题栏 (b) 装配图标题栏

图 1-2 简化标题栏

二、比例（GB/T14690—93）

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，应从表 1-2 规定的系列中选取不带括号的适当比例，或采用表中比值的 10^n 倍数（ n 为正整数），如： $1:2 \times 10^n$ ， $5 \times 10^n:1$ 等。必要时，也允许选取表 1-2 中带括号的比

表 1-2 绘图比例

原值比例	1:1				
放大比例	2:1	5:1	$1 \times 10^n:1$	$2 \times 10^n:1$	$5 \times 10^n:1$
	(4:1)	($2.5 \times 10^n:1$)	($4 \times 10^n:1$)	(2.5:1)	
缩小比例	1:2	1:5	$1:1 \times 10^n$	$1:2 \times 10^n$	$1:5 \times 10^n$
	(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 为正整数。

比例一般标注在标题栏内，当某个视图需要采用不同的比例时，则应在该视图的上方另行标注。

无论图样放大或缩小，在标注尺寸时，应按机件的实际尺寸标注，与绘图的比例无关（图 1-3）。

三、字体（GB/T14691—93）

在图样中书写的字体必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

字体的号数，即字体高度 h ，其工程系列为：1.8，2.5，3.5，5，7，10，14，20mm。

汉字应写长仿宋体，并采用国家正式公布推行的简化字，汉字高度不应小于 3.5mm，其宽度一般为 $h/\sqrt{2}$ 。如图 1-4 所示。

汉字的基本笔画为点、横、竖、撇、捺、挑、折、勾，其笔法可参阅表 1-3。

字母和数字分 A 型和 B 型。字体的笔画宽度用 d 表示。A 型字体笔画宽度 $d = h/14$ ，

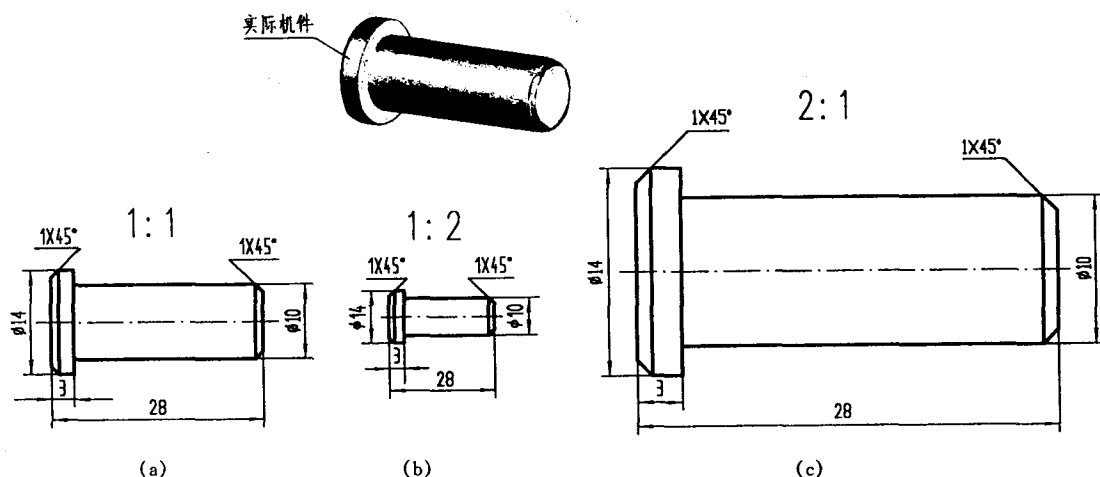


图 1-3 采用不同比例所画的视图

B 型字体的笔画宽度 $d = h/10$ 。字母和数字可写成斜体和直体，斜体字的字头向右倾斜与水平基准线成 75° 。用作指数、分数、极限偏差、注脚等数字及字母，一般应采用小一号的字体。图 1-5 为 CAXA 电子图板软件输出的 A 型直体字母、数字及字体的应用示例。

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道路桥涵矿山资源环境工程

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安全管理

图 1-4 长仿宋体汉字示例

四、图线 (GB/T17450—1998)

在机械图样中，应采用表 1-4 中规定的图线。表 1-4 及图 1-6 列出了各种型式图线的主要用途，其他用途可查阅国标。

图线分为粗、细两种。粗线的宽度 (d) 应按图的大小和复杂程度，在 $0.5 \sim 2\text{mm}$ 之间选择，粗线、细线比为 $2:1$ 。图线宽度的推荐系列为：0.13，0.18，0.25，0.5，0.7，1，1.4，2mm。在图样中尽可能不出现宽度小于 0.18mm 的图线。

表 1-4 中的点画线、双点画线的画法是“长画”，其中的点是“点”，而不是原有含义的“线段”和“短划”。