

机械制图

◎ 同济大学机械制图教研室编

◎ 许连元 李强德 徐祖茂 主编

同济大学出版社

机 械 制 图

同济大学机械制图教研室编
许连元 李强德 徐祖茂 主编

同济大学出版社

内容提要

全书共分 14 章,包括:画法几何、制图基础、工程图和计算机绘图基础四部分内容。

画法几何部分内容包括:投影的基本知识,点、直线和平面投影及其相对位置,投影变换,曲线与曲面,立体,平面与立体,立体与立体相交,轴测投影,组合体和立体表面的展开。

制图基础部分内容包括:制图基本知识,《国家标准技术制图》的基本规定,尺规绘图和徒手绘图的基本技能,尺寸标注基础。

工程图部分内容包括:表达机件的常用方法,连接件,传动件和常用件,零件图,装配图,房屋建筑图。

计算机绘图基础部分内容包括:计算机绘图系统简介,AutoCAD 2000 软件使用的基本方法和计算机绘图技术在绘制机械图方面的具体应用。

本教材适用于机械类、非机械类专业。参考教学时数为 50~120 学时。

图书在版编目(CIP)数据

机械制图/许连元,李强德,徐祖茂主编;同济大学
机械制图教研室编. —上海:同济大学出版社,2003.3
ISBN 7-5608-2570-2

I. 机… II. ①许…②李…③徐…④同…

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(2003)第 003117 号

机械制图

同济大学机械制图教研室编 许连元 李强德 徐祖茂 主编
责任编辑 王建中 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出 版
发 行

同济大学出版社

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销

全国各地新华书店

印 刷

同济大学印刷厂印刷

开 本

787mm×1092mm 1/16

印 张

28.75

字 数

736000

印 数

1—6000

版 次

2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷

书 号

ISBN 7-5608-2570-2/TH·53

定 价

37.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换

前 言

本书是在我室编著的《画法几何及机械制图》和原上海铁道大学制图教研室编著的《机械制图》基础上,根据原国家教育委员会 1995 年修订的“高等工业学校画法几何及工程制图课程教学基本要求”的精神,为适应 21 世纪教学内容和课程体系改革的需要编写而成。本书吸收了国内外同行的先进经验,结合我室教师数十年的教学经验,突破了原机械类、非机械类分类教材的界限,可适用于机械类、非机械类各专业教学,也可作为工程技术人员的参考书。

本书是同济大学“十五”规划教材教学内容和课程体系改革计划的研究成果,并得到同济大学教材、学术著作出版基金委员会的资助。

本书的特点:

1. 体系安排循序渐进,有利于组织教学,教师可按各专业学时数组织不同深度的教学。

2. 考虑到 21 世纪人才培养需求,加深和丰富了计算机绘图知识的内容,改变以往在传统图学教学内容结束后集中讲解计算机绘图基础知识的做法,而将计算机绘图内容与传统图学内容有机地结合起来,贯彻于图学教学的全过程。

3. 继续保持我室 1995 年编著的《画法几何及机械制图》和原上海铁道大学制图教研室编著的《机械制图》重视图学基本理论的特点,既重视全面、系统、准确地论述基本理论,又注意对这些理论进行总结和提炼。

4. 全书采用了最新国家标准。

参加本书编写的有:吴战国(第一、二章)、潘群(第三章)、陈国根(第四章、附录)、孙丹路(第五章)、孙雄(第六章)、李强德(第七章)、杨裕根(第八章)、陈立群(第九、十章)、徐祖茂(第十一章)、郑永前(第十二章)、陈晓蕾(第十三章)、许连元(第十四章)。本书由许连元、李强德和徐祖茂主编。

由于编著水平有限,书中难免还存在缺点和错误,恳请读者批评指正。

编者

2002 年 12 月

绪 论

一、本课程的性质、内容和任务

在现代工业生产中,不论是机械制造还是土木建筑,都离不开工程图样。工程图样是用来表达设计思想的主要工具,也是进行制造或施工的重要依据。因此,工程图样被称为“工程界的语言”。每个工程技术人员都必须能够熟练地绘制和阅读工程图样。本课程是工科大学中普遍开设的一门基础技术课。

本课程的内容包括画法几何、制图基础、工程图和计算机绘图等部分。画法几何部分是研究用正投影法图示空间形体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投影图表达物体内外形状及大小的基本绘图能力和根据投影图想象出物体内外形状的读图能力;工程图部分以机械图为主,培养绘制和阅读机械图样的基本能力;计算机绘图部分掌握使用计算机绘图软件的基本方法和技能。

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. 培养空间几何问题的分析和图解能力。
3. 培养空间想象和分析能力。
4. 培养绘制和阅读机械图样的能力。
5. 掌握计算机绘图软件的使用方法。

在对上述各项任务培养的同时,还要培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。在教学中,还须注意培养自学能力以及分析和解决问题的能力。

二、本课程的学习方法

学习本课程要坚持理论联系实际学风。认真学习投影理论,在理解基本概念的基础上,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 and 由图想物,分析空间形体与图形的对应关系,逐步提高空间想象能力和分析能力,从而掌握正投影的基本作图和读图方法。

做习题和作业时,应在掌握有关基本概念的基础上,按照正确的作图方法和步骤,正确使用绘图工具和仪器、并遵守国家标准《机械制图》中的各项规定。制图作业应做到投影正确,视图选择与配置适当,尺寸齐全,字体工整,图面整洁美观。对于机件的结构,还要初步懂得有关生产工艺的要求,具有良好的结构工艺性,在图中表达正确。

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,在做习题作业时要做到一丝不苟、精益求精。

由于工程图样包含众多设计制造及施工的专业知识,因此本课程只能为学生的绘图和读图能力打下初步基础,在后继课程的学习、生产实习、课程设计和毕业设计中,还待继续得到培养和提高。

三、工程图的发展和未来

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。在古代,自从人类学会了制造简单工具和营造各种建筑物起,就逐渐使用图画来表达意图,但起初都是用写真的方法来画图的。自从 1795 年法国学者蒙日(Gaspard Monge)全面总结了前人经验,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,从此,奠定了工程制图的基础,工程图样在各技术领域中广泛使用,在推动现代工程技术和人类文明中起了重要作用。

20 世纪后期,伴随着计算机技术的迅猛发展,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)也有了快速发展,并在各行各业中得到广泛的应用。它引起了工程制图技术的一次根本性变革,我国的工程设计领域,目前正处在从以手工绘图为主到以计算机绘图为主,甩掉手工绘图图板的转变之中。

计算机绘图的特点是作图精确度高、出图速度快,特别是输出高精度集成电路板图和以人力难以绘制的曲线曲面尤为突出。因此,被广泛应用于通讯、汽车、船舶、飞机和建筑等领域。

计算机绘图的另一特点是具有强大的三维立体造型功能,输出立体图(轴测图、透视图)功能强,并能由三维模型自动生成二维投影图,从而改变了长期以来单纯在二维平面上解决三维问题的模式。随着三维软件的不断成熟,今后将逐渐过渡到基于三维造型为主的工程制图教学。

目 录

前言

绪论

第一章 制图的基本知识与技能	(1)
§ 1.1 制图基本规定	(1)
§ 1.2 尺规制图工具及其使用	(11)
§ 1.3 尺规基本几何作图	(17)
§ 1.4 平面图形的作图	(27)
§ 1.5 尺规绘图的一般操作步骤	(29)
§ 1.6 徒手绘图	(31)
第二章 计算机绘图基础	(35)
§ 2.1 CAD 系统概述	(35)
§ 2.2 初识 AutoCAD	(39)
§ 2.3 设定图形实体属性	(46)
§ 2.4 图层的管理	(50)
§ 2.5 图形的绘制	(54)
§ 2.6 图形编辑	(63)
§ 2.7 尺寸标注	(72)
第三章 投影法基础	(84)
§ 3.1 投影法的基本概念	(84)
§ 3.2 点的投影	(86)
§ 3.3 直线的投影	(91)
§ 3.4 平面的投影	(103)
§ 3.5 直线与平面以及两平面间的相对位置	(112)
§ 3.6 综合问题分析	(121)

§ 3.7	投影变换	(125)
第四章	曲线与曲面	(137)
§ 4.1	曲线的基本概念	(137)
§ 4.2	空间曲线	(141)
§ 4.3	曲面的形成与分类	(142)
§ 4.4	直线面	(143)
§ 4.5	曲线面	(148)
第五章	立体及其表面的交线	(149)
§ 5.1	平面立体	(149)
§ 5.2	曲面立体	(154)
§ 5.3	立体与立体相交	(166)
第六章	轴测投影	(178)
§ 6.1	轴测投影的基本概念	(178)
§ 6.2	正等测	(180)
§ 6.3	斜二测	(187)
§ 6.4	用 AutoCAD 绘制轴测图	(190)
第七章	组合体的视图及尺寸标注	(193)
§ 7.1	三视图的形成及其投影规律	(193)
§ 7.2	组合体的形体分析	(194)
§ 7.3	画组合体视图	(196)
§ 7.4	读组合体视图	(199)
§ 7.5	组合体的尺寸标注	(205)
§ 7.6	AutoCAD 画三视图	(209)
§ 7.7	实体几何造型简介	(210)
第八章	零件的表达方法	(219)
§ 8.1	视图	(219)

§ 8.2	剖视图	(222)
§ 8.3	断面图	(232)
§ 8.4	简化画法和其他表达方法	(234)
§ 8.5	表达方法综合举例	(240)
§ 8.6	用 AutoCAD 绘制剖视图	(242)
§ 8.7	轴测剖视图的画法	(246)
§ 8.8	第三角投影简介	(248)
第九章	零件的连接	(250)
§ 9.1	螺纹	(250)
§ 9.2	螺纹紧固件	(256)
§ 9.3	键、花键和销	(263)
§ 9.4	焊接	(267)
§ 9.5	图块的定义和调用	(273)
第十章	常用件	(276)
§ 10.1	齿轮	(276)
§ 10.2	滚动轴承	(286)
§ 10.3	弹簧	(289)
第十一章	零件图	(293)
§ 11.1	零件图的内容	(293)
§ 11.2	零件的表达分析	(295)
§ 11.3	零件图上的尺寸标注	(299)
§ 11.4	零件图上的技术要求	(307)
§ 11.5	零件结构的工艺性	(326)
§ 11.6	读零件图	(329)
§ 11.7	用 AutoCAD 绘制零件图	(340)
第十二章	装配图	(344)
§ 12.1	装配图的内容	(344)
§ 12.2	装配图的表达方法	(345)

§ 12.3	装配图的尺寸标注及技术要求·····	(349)
§ 12.4	装配图中的零、部件序号和明细栏·····	(350)
§ 12.5	装配结构合理性·····	(352)
§ 12.6	装配图的绘制·····	(353)
§ 12.7	读装配图和拆画零件图·····	(357)
§ 12.8	计算机绘制装配图·····	(364)
第十三章	展开图 ·····	(367)
§ 13.1	平面立体的表面展开·····	(367)
§ 13.2	可展曲面的展开·····	(372)
§ 13.3	不可展曲面表面的近似展开·····	(378)
第十四章	房屋建筑图 ·····	(382)
§ 14.1	房屋建筑图概述·····	(382)
§ 14.2	读厂房建筑图·····	(391)
附录	·····	(401)
参考文献	·····	(450)

第一章 制图的基本知识与技能

机械图样是机械产品设计、加工、装配和检验的依据,是工程技术界交流产品信息的语言,其画法必须遵守一定的标准。机械制图的国际标准是由国际标准化组织颁布的,简称为ISO,它是世界各国广泛认可、并参照执行的标准。但是,由于各个国家或地区的发展水平各有不同,所以几乎每个国家都在国际标准的基础上制定了符合本国特点的国家标准。比如,美国国家标准的缩写为ANSI;英国的为BSI;德国的为DIN;日本的为JIS。我国制定的国家标准是《中华人民共和国国家标准》,简称国标(GB)。本章在着重讲解国标中有关机械制图部分规定的同时,还要对绘图工具使用、绘图方法与步骤、基本几何作图和徒手绘图技能等作基本介绍。

§ 1.1 制图基本规定

一、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

图纸幅面指的是图纸宽度与长度组成的图面。绘制技术图样时应优先采用表 1-1 所规定的基本幅面。必要时,也允许将基本幅面的短边成整数倍增加后所得出的加长幅面。

表 1-1 图纸幅面及图框格式尺寸

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

绘图时,图纸可以横放(长边水平)或竖放(短边水平)。

2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出图框,其格式分为不留装订边和留有装订边两种,但同一产品的图样只能采用一种格式。不留装订边的图纸,其图框格式如图 1-1(a)和图 1-1(b);留有装订边的图纸,其图框格式如图 1-2(a)和图 1-2(b);尺寸按表 1-1 规定。

为了使图样复制和缩微摄影时定位方便,应在图纸各边(不是图框的边!)的中点处分别

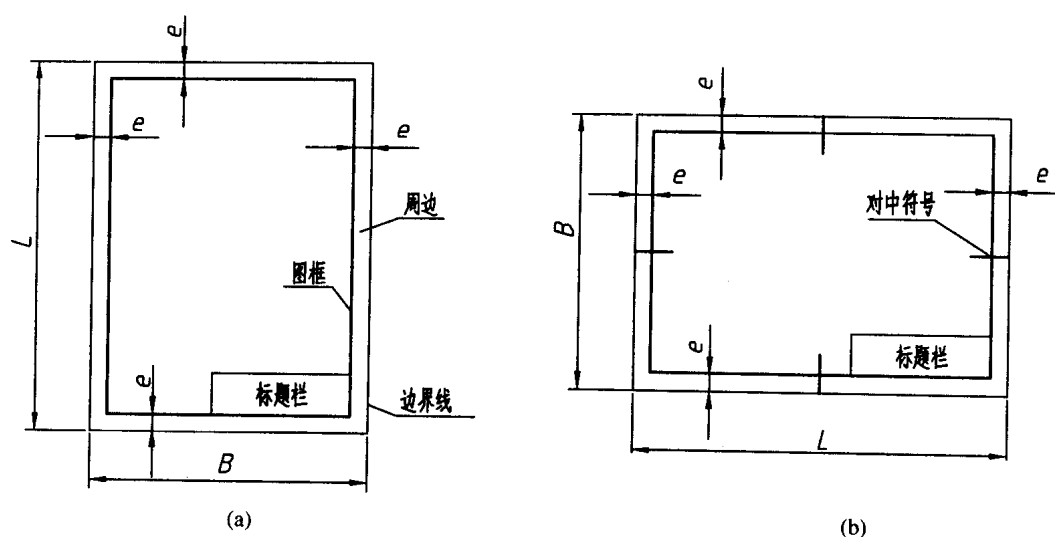


图 1-1 无装订边的图纸格式

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伸入图框内约 5 mm，如图 1-1(b) 所示。

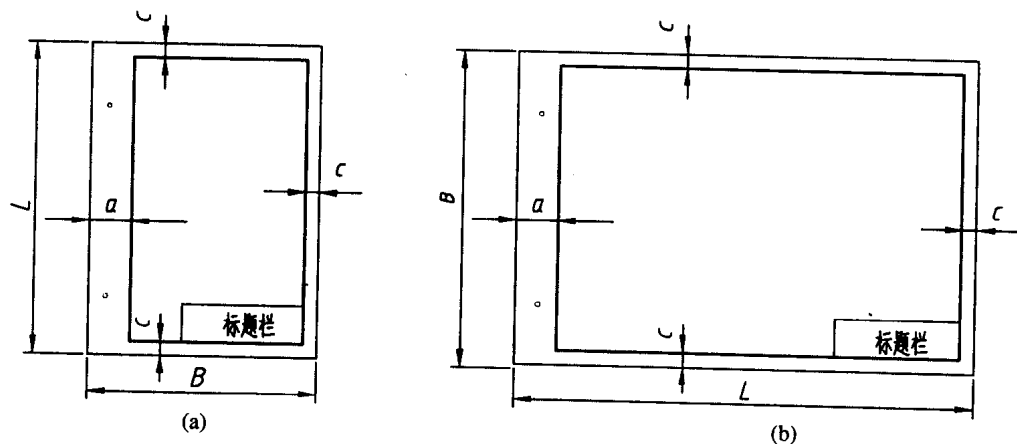


图 1-2 有装订边的图纸格式

3. 标题栏的方位

每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏用来提供图样自身、图样所表达的产品以及图样管理的若干信息，是图样不可缺少的内容。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。按国家标准绘制的标题栏一般均印刷在图纸上，不必自己绘制，如图 1-3 所示。

在学校的制图作业中，标题栏可以简化，比如采用图 1-4 所示的形式。标题栏应位于图纸右下角，如图 1-1 和图 1-2 所示，标题栏的底边与下图框线重合，标题栏的右边与右图框线重合。标题栏内“图名”用 10 号字书写，图号、校名用 7 号字书写，其余都 5 号字书写。

§ 1.1 制图基本规定

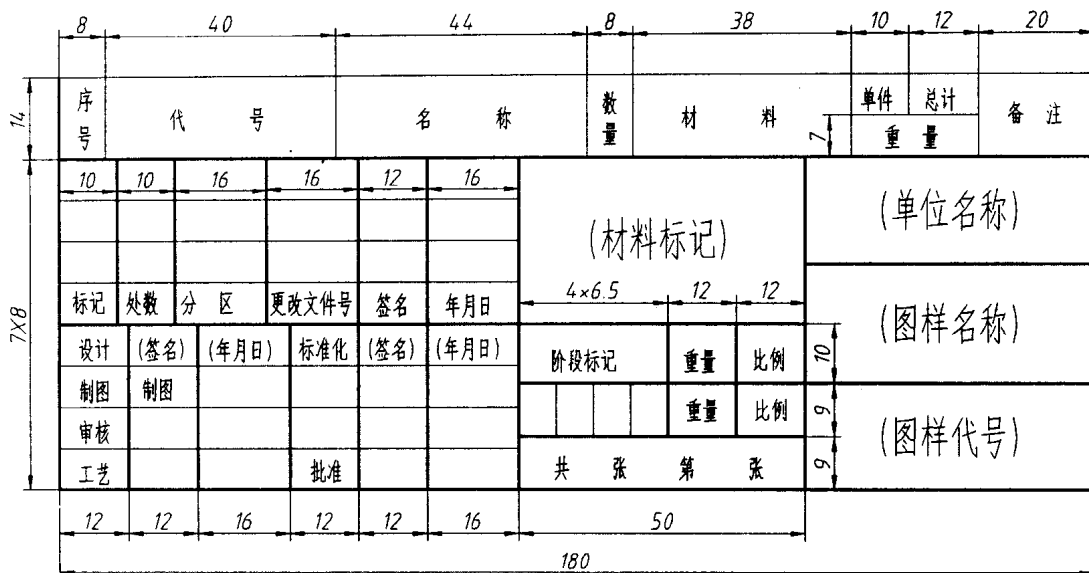


图 1-3 标准标题栏及明细栏

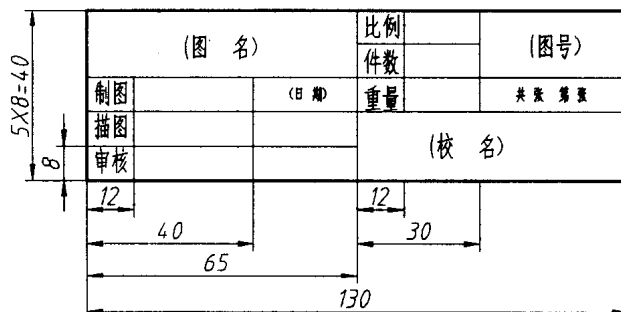


图 1-4 简化标题栏

二、比例

1. 比例的概念

比例指的是图中图形与实际机件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。

不管绘制机件时所采用的比例是多少，在标注尺寸时，仍应按机件的实际尺寸标注，与绘图的比例无关，如图 1-5 所示。

2. 比例的选取

国家标准 GB/T14690—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 1-2 规定的系列中选取适当的比例。

表 1-2 图纸的比例

种 类	应选取的比例						
原值比例	1 : 1						
缩小比例	(1 : 1.5)	1 : 2	(1 : 2.5)	(1 : 3)	(1 : 4)	1 : 5	1 : 10
	$1 : 2 \times 10^n$	$(1 : 2.5 \times 10^n)$	$(1 : 3 \times 10^n)$	$(1 : 4 \times 10^n)$	$1 : 5 \times 10^n$	$(1 : 6 \times 10^n)$	
放大比例	2 : 1		(2.5 : 1)	(4 : 1)	5 : 1		
	$1 \times 10^n : 1$	$2 \times 10^n : 1$	$(2.5 \times 10^n : 1)$	$(4 \times 10^n : 1)$	$5 \times 10^n : 1$		

注：选择比例时，应尽量选用未加括号的比例。

在绘制图样时尽可能用原值比例按实物真实大小绘制，以便于读图和进行空间思维。

3. 标注方法

绘制同一机件的各个视图时，应尽可能采用相同的比例，并在标题栏的比例栏中填写。当某个视图必须采用不同比例时，可在该视图的上方另行标注。

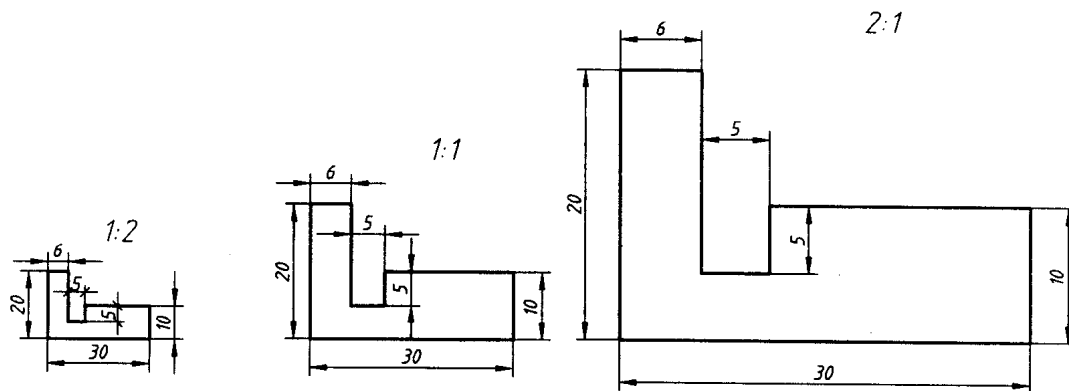


图 1-5 采用不同比例所画的视图

三、字体

国家标准 GB/T 14691—1993《技术制图 字体》规定了工程图样上的字体。

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) 字体高度(用 h 表示)必须规范，其公称尺寸系列为：1.8 mm, 2.5 mm, 3.5 mm, 5 mm, 7 mm, 10 mm, 14 mm, 20 mm。字号指的就是字体高度，如 5 mm 高的字体就是 5 号字。
- (3) 汉字应写成成长仿宋体字，并采用简化字。汉字的高度 h 不应小于 3.5 mm，其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ (约 0.7h)。汉字示例见图 1-6 所示。

(4) 书写的要点在于横平竖直，注意起落，结构均匀，填满方格。

(5) 字母和数字分为 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度 d 为字高(h)的 1/14, B 型字体笔画宽度为字高的 1/10。在同一图样上只允许选用一种型式的字体。字母和数字可写

字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐

横平竖直 结构均匀 注意起落 填满方格

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 1-6 长仿宋汉字示例

成斜体或直体,但要注意全图统一。斜体字字头向右倾斜,与水平基准线成 75° 。

2. 应用示例

如图 1-7 所示,即为 B 型斜体字母、数字和字体在图纸上的应用示例。

ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmno pqrstuvwxyz
12345678910 I II III IV V VI VII VIII IX X
R3 2×45° M24-6H Φ60H7 Φ30g6
Φ20^{+0.021}₀ Φ25^{-0.007}_{-0.020} Q235 HT200

图 1-7 为 B 型斜体字母、数字及字体示例

四、图线

1. 基本线型

根据国标 GB/T 17450—1998《技术制图 图线》,在机械制图中常用的线型有实线、虚线、点画线、双点画线、波浪线、双折线等(表 1-3)。

2. 图线的宽度

图线的宽度 d 应根据图形的大小和复杂程度,在下列数系中选择:0.18,0.25,0.35,0.5,0.7,1,1.4,2mm。该数系的公比为 $1:\sqrt{2}$ 。

在机械图样上,图线一般只有两种宽度,分别称为粗线和细线,其宽度之比为 2:1。在通常情况下,粗线的宽度采用 0.7 mm,细线的宽度采用 0.35 mm。


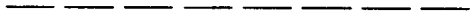



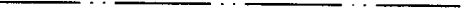


在同一图样中,同类图线的宽度应一致。

3. 图线的应用

图 1-8 为上述几种图线的应用举例。在图示零件的视图上,粗实线表达该零件的可见

轮廓线,虚线表达不可见轮廓线,细实线表达尺寸线、尺寸界线及剖面线,波浪线表达断裂处的边界线及视图和剖视的分界线,细点画线表达对称中心线及轴线,双点画线表达相邻辅助零件的轮廓线及极限位置轮廓线。

表 1-3 基本线型及应用

图线名称	图线型式	线宽	一般应用
粗实线		d	可见轮廓线 可见过渡线
虚线		$d/2$	不可见轮廓线 不可见过渡线
细实线			尺寸线及尺寸界线 剖面线 重合剖面的轮廓线 螺纹的牙底线及齿轮的齿根线 引出线 局部放大部位的范围线
波浪线			断裂处的边界线 视图和剖视的分界线
细点划线			轴线 对称中心线 轨迹线
双点划线			相邻辅助零件的轮廓线 运动机件在极限位置轮廓线
双折线			断裂处的边界线
粗点划线		d	有特殊要求的线或表面的表示线

4. 图线的画法

(1) 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线段长度和间隔应各自大致相等,其长度可根据图形的大小决定。

(2) 绘制圆的对称中心线时,圆心应为线段的交点。点画线的首末两端应是线段而不是短划,且应超出图形外约 2~5mm。在较小的图形上绘制点画线或双点画线有困难时,可用细实线代替。

(3) 虚线的画法如图 1-9 所示。当虚线与虚线、或虚线与粗实线相交时,应该是线段相交。当虚线是粗实线的延长线时,在连接处应断开。

§ 1.1 制图基本规定

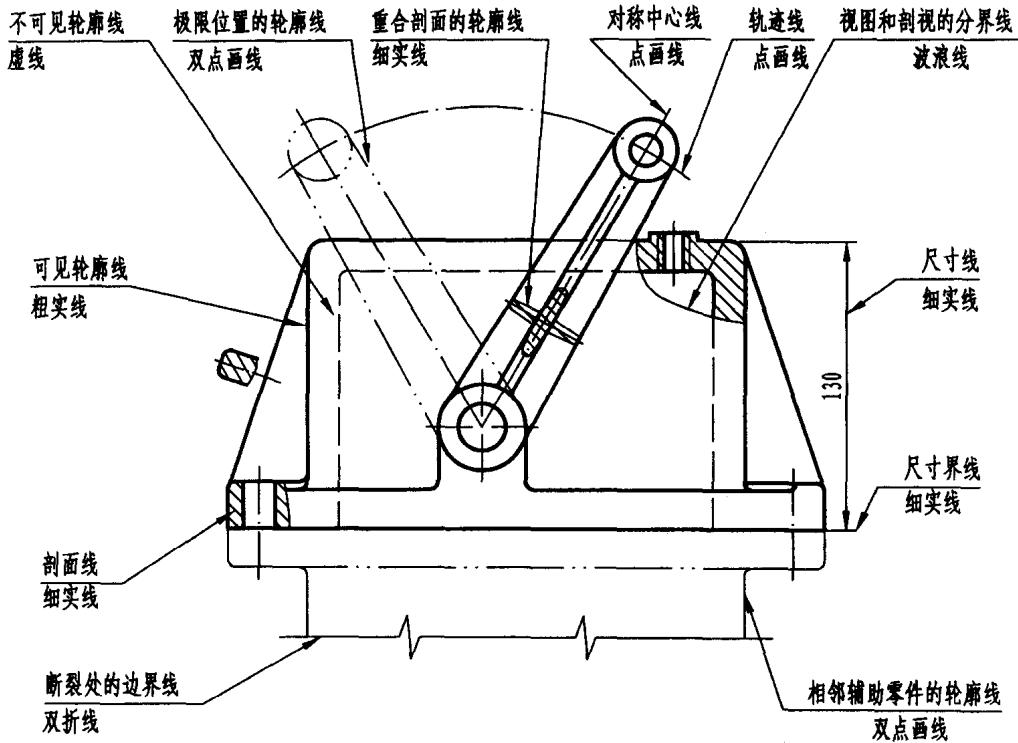


图 1-8 图线及其应用

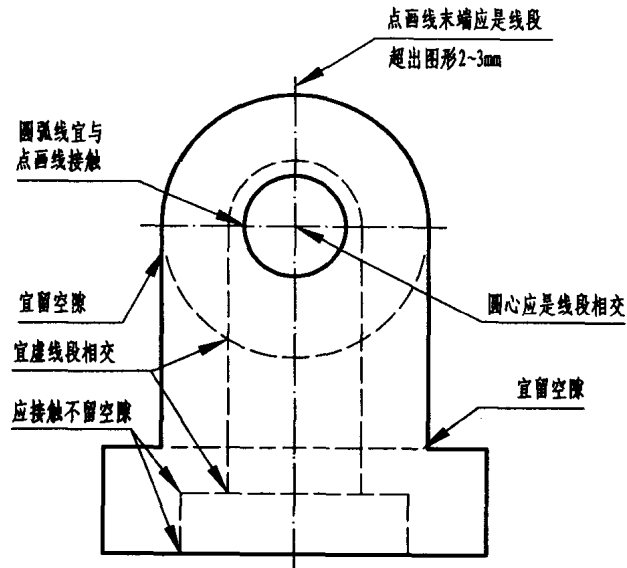


图 1-9 点画线与虚线的画法