

航空高等院校教材

机械制图

(上册)

西北工业大学
北京航空学院 编
南京航空学院

国防工业出版社

内 容 简 介

本教材共十四章，分为上、下两册。上册内容为：制图基本知识；正投影的基本原理；点、直线、平面的投影；投影变换；曲线与曲面；表面交线；组合体的画法和尺寸标注；视图、剖视与剖面；轴测图等九章。每章末附有小结。下册内容为：零件图；公差配合与表面光洁度；连接形式、连接件和常用件；装配图；计算机制图简介等五章以及附录。

本教材主要适用于飞机设计和飞机工艺专业，也可供机械类专业和其他专业使用或参考。教材内容有一定选择余地，使用时可根据实际需要对一些章节有所取舍。

本书还可供从事飞机设计和制造工作的技术人员、工人参考。

机 械 制 图 (上册)

西北工业大学

北京航空学院 编

南京航空学院

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张18³/₈ 427千字

1979年12月第一版 1979年12月第一次印刷 印数：00,001—11,500册

· 统一书号：15034·1965 定价：1.90元

前 言

本教材是在总结二十多年来教学工作经验的基础上,针对飞机产品特点并结合飞机设计与飞机工艺专业要求而编写的。由于飞机产品包括的机械加工零件和板金零件在表达内容与方法上具有一定特点,而飞机结构装配图与一般机械装配图相比,更有特色。因而总结飞机产品及上述专业对“画法几何”和“机械制图”方面的要求编写本制图教材是十分必要的。本书把“画法几何”与“机械制图”紧密地结合在一起,力求做到理论联系实际,既重视基础理论的阐述,又重视它们在生产实践中的运用。

对于结合飞机专业问题,本书并不仅限于增加板金零件图和飞机结构装配图等内容,而是从基础理论以至零件图、装配图都针对飞机产品特点和要求来阐述的。如投影变换一章中的迹线面的变换以及绕平行轴旋转、重合法等内容,在飞机设计中表达某些几何元素的相对位置和角度大小就用得比较广泛;又如零件图一章中,除按形体特点分类外,还补充了按不同毛坯分类的内容。不同毛坯的技术要求、尺寸注法和图示方法都有各自的特点。例如,因为有特种检验的技术要求,因而就提出检验部位的表示方法;因为有严格的安全要求,因而某些重要零件的“检印”位置在图示中就有明确的规定;对于机械装配图,则选用飞机中液压、燃油、冷气、操纵系统中常见的典型部件,其表达方法比较齐全和常见,视图选择还选用了部分优先考虑安装位置作为主视图的图例,此类表达方法在飞机部件图样中较为普遍。在机械零件图与装配图的基础上进一步介绍板金零件图和飞机结构装配图时,注意了知识的系统性与连贯性,以前者为基础、后者为补充。如装配图的内容、表达方法等既有共同之点,又有不同之处。这样可以使读者了解专业图纸与一般机械图纸的各自特点和相互衔接关系,从而对图示、图解方法掌握得更全面,为将来学习专业及毕业后参加专业工作打好基础。

我们认为教材内容有一定选择余地较好。本书所列各章可根据需要分为讲课内容和参考内容。一些章节如“图解计算”、“曲线与曲面”等可作为专题学习与研究的基础知识,也可在教师指导下指定某些内容进行自学。

书后附录力求适用方便。对于专业标准,因已有专门手册,故不再编入附录。此外,在编写中曾针对部分难点内容,选编了点、线、面投影规律;投影变换;表面交线等方面“体视投影”的套色图例和简要说明,目的在于帮助初学者建立空间概念,更好地完成本课程学习任务。为印刷方便,另行单册出版作为参考书。

为了方便教学,编有习题集与本教材配套。编排次序符合教材系统和教学顺序。习题数量较多,个别题目难度较大,应按不同情况予以选作。

在三机部航空专业教材编审组的领导下,本教材由西北工业大学(主编单位)、北京航空学院和南京航空学院参加编写,并由哈尔滨工业大学李澄、松陵机械厂王志杰、红安公司于素莲等三位同志审稿,李澄同志主审。

编写组成员为:西北工业大学刘荣光(主编)、胡学元、郑锦涛、刘进书,北京航空学

院厉声林、舒明玉、章日晋，南京航空学院魏任之、尤泽民、李靖谊等同志。北京航空学院于长江、佟国治、韦秋虎、尚凤武同志参加编写工作到初稿完成。南京航空学院熊正英、北京航空学院欧阳青两同志校阅了部分章节的书稿或图稿。此外，松陵机械厂刘佩荣，西北工业大学吴眉、皎方敏、王瑜、李俊凤，南京航空学院符惠英、陈旭等同志参加了描图工作。整个编写工作还得到三院校制图教研室许多同志大力协助。

红安公司、云马机械厂、峨嵋机械厂、洪都机械厂、烽火机械厂、平原机械厂、豫新机械厂、上海640设计所和上海化工学院、上海纺织学院、上海交通大学、上海同济大学、浙江大学等单位对本教材编写大纲曾提出许多宝贵意见和提供了许多资料。

我们谨向审稿同志和协助我们完成编写任务的厂、所、校所有同志表示衷心的感谢。由于水平所限，书中肯定有不少疏漏和错误，恳切希望使用本教材的教师和读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	1
第一章 制图基本知识	4
§ 1-1 制图基本标准	4
§ 1-2 绘图工具和绘图方法	15
§ 1-3 几何作图	22
§ 1-4 平面图形分析及尺寸标注	27
本章小结	33
第二章 正投影的基本原理	34
§ 2-1 投影方法介绍	34
§ 2-2 三面视图的形成及其对应关系	36
§ 2-3 基本形体的视图和尺寸注法	42
§ 2-4 简单组合体的三视图	49
本章小结	54
第三章 点、直线、平面的投影	55
§ 3-1 点	55
§ 3-2 直线	61
§ 3-3 平面	74
§ 3-4 直线与平面平行、平面与平面平行	92
§ 3-5 平面与平面相交、直线与平面相交	96
§ 3-6 直线与平面垂直、平面与平面垂直、直线与直线垂直	101
§ 3-7 点、直线、平面综合作图问题	109
本章小结	113
第四章 投影变换	116
§ 4-1 换面法	117
§ 4-2 旋转法	127
§ 4-3 图解计算	134
本章小结	141
第五章 曲线与曲面	142
§ 5-1 曲线概述	142
§ 5-2 曲线的投影	147
§ 5-3 常用的平面曲线	149
§ 5-4 曲线的投影性质	154
§ 5-5 圆柱螺旋线	156
§ 5-6 曲面概述	158
§ 5-7 直线面(直纹面)	160
§ 5-8 曲线面(复曲面)	169
§ 5-9 曲面的轮廓线	173

本章小结	176
第六章 表面交线	177
§ 6-1 立体表面上的点和线	177
§ 6-2 截交线	180
§ 6-3 相贯线	194
本章小结	213
第七章 组合体的画法和尺寸标注	215
§ 7-1 组合体的画法	215
§ 7-2 组合体的尺寸标注	217
§ 7-3 读组合体投影图的方法	221
本章小结	224
第八章 视图、剖视与剖面	225
§ 8-1 视图	225
§ 8-2 剖视	230
§ 8-3 剖面	240
§ 8-4 综合举例	243
§ 8-5 第三角画法简介	248
本章小结	251
第九章 轴测图	252
§ 9-1 正等轴测图	252
§ 9-2 斜二轴测图	269
§ 9-3 轴测图的剖切	273
§ 9-4 增强轴测图立体感的方法	275
§ 9-5 轴测装配图	280
§ 9-6 几个结论的证明	283
本章小结	288

绪 论

图样是人们在生产活动中表达和交流设计思想的一种重要工具,它同人类的语言一样,是生产不断发展的产物,它也将随着生产的继续发展而发展。

人们把工程图样比喻为工程界的语言是非常确切的。就现阶段生产发展水平而言,图样是生产中不可缺少的依据之一,它在生产的整个过程中都起着重要的作用。如果说,用语言、文字还能够表达最简单的形体如长方体,说它长多少、宽多少和高多少,那末对一个稍微复杂的零件就很难用语言和文字来表达了。至于更复杂的零件和装配件,单凭语言、文字就根本不可能表达,而非借助工程图样不可了。

工程图样如图 0-1 支架,它用图形加注尺寸的方法,准确而完整地表达了一个零件的形状和大小。由于工程图样按照一定的理论和方法把“形”和“数”结合得比较完善,因此它解决了语言和文字难以描绘清楚的形、数问题。诚然工程图样也决不是十全十美的,它还必须借助于文字,如图 0-1 中所列各条附注,文字又弥补了图样难以表达的内容。

《机械制图》是研究机械图样绘制理论和方法的课程,它是工科各专业和理科有关专业的学生应该学习的课程之一。飞机设计与工艺专业要求学生具备较好的《机械制图》基础知识和较熟练的绘图技能,这样才能更好地完成本专业后续课程的学习任务以及满足将来专业工作对我们的要求。

这本《机械制图》主要包括以下三部分内容:

- 一、制图标准和基本表达方法。
- 二、投影原理。
- 三、零件图与装配图。

投影原理是图样表达的基础,掌握这个基础,才有可能比较深入和熟练地掌握绘图和读图的方法与技能。学习投影原理对于建立空间概念、进行空间分析,不仅是绘图和读图的需要,而且也是一般工程技术人员必须具备的知识和能力。

飞机设计与工艺专业涉及到一般机械图样和飞机图样,因而要学好本课程还应该注意结合必要的专业生产实践。

学习和熟练地掌握绘图、读图方法,重要的是亲自实践,只有通过一定数量 and 要求的绘图、读图训练,才能逐步学会和熟练这一基本技能,这是与掌握其他任何一种技能一样的共同特点。

人类的知识宝库是人们在生产斗争中不断积累和发展起来的。机械制图在现代化的设计与生产斗争中正朝着机械化、自动化的方向迅速发展。自从 1945 年世界上诞生了第一台电子数字计算机以来,人类生产的机械化与自动化水平即进入一个新的纪元。1958 年前后出现了大型精密数控绘图机。在造船、汽车、航空等工业生产中成套数控设备的应用,使得计算机输出的大量产品外形的信息可以由自动绘图机直接精确地绘出图形。它大大提高了设计质量、速度和保证了重复精度,因而使得产品的设计与制造能够实行平行作业,

显著地缩短了生产准备周期。

可以预料，随着电子计算机和数控绘图机的发展，制图机械化、自动化的程度和应用范围必将日益提高与扩大，而投影理论与图示方法也必将为适应这一趋势有所发展与变化。我们将结合生产实践进行学习，同时又把知识服务于生产实践，在不断的实践中学习和提高。因此，我们不仅能够学会前人积累的知识、经验，而且一定能够在此基础上把制图学科提高到更高的水平，有所创造，有所前进。

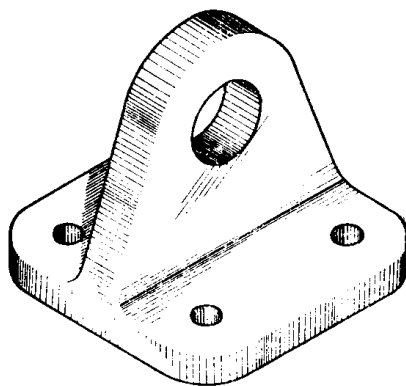
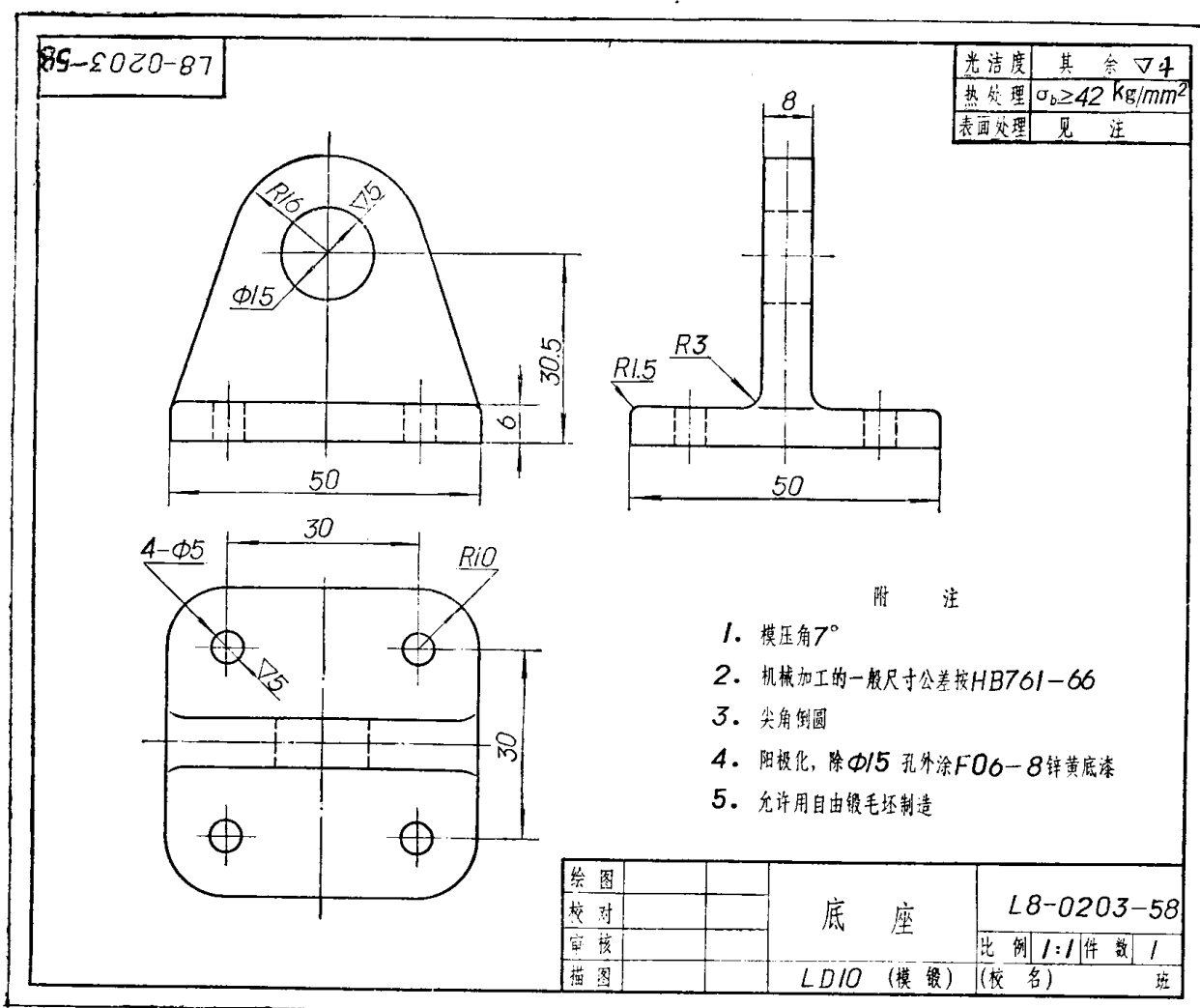


图0-1 零件和零件图

第一章 制图基本知识

§ 1-1 制图基本标准

国家标准中“机械制图”部分规定了有关机械制图的标准，它是根据生产实践中总结出来的规律以及参考国际上相应的“标准”而制定的，起着统一图样画法、提高生产效率、便于技术交流的作用。机械制图标准与其他“标准”一样，为了满足生产技术发展的要求，进行过多次修改和补充，而且今后还会继续进行。但是为了统一标准，在“标准”未作修改和补充前，不允许出现与“标准”相违背的现象。作为一个工程技术人员，必须以严肃的态度对待机械制图国家标准。绘制机械图样时，一定要遵守标准中各项规定。

一、图纸幅面

为了便于图样的管理与交流，在GB126-74●中规定了图纸的幅面尺寸如表1-1。

表 1-1

幅面代号	0	1	2	3	4	5
$B \times L$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297	148×210
c	10			5		
a	25					

必要时可将表中幅面的长边加长（0号及1号幅面允许加长两边），其加长量应按5号幅面相应边的尺寸成整数倍增加，如图1-1。

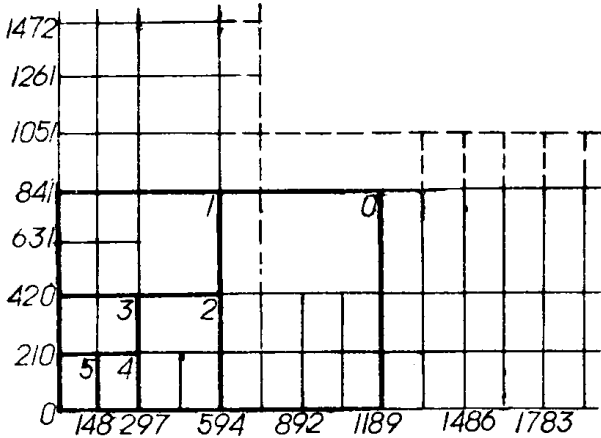


图1-1 图幅及加长

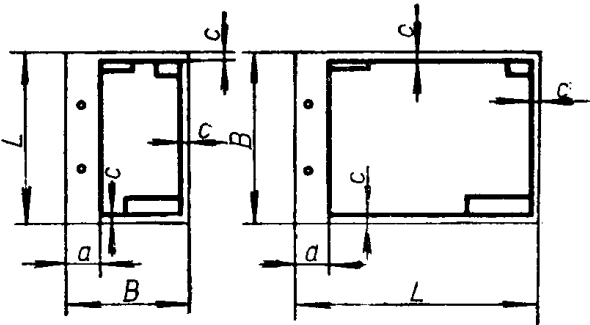


图1-2 图样格式

● GB126-74是国家标准“机械制图”中“一般规定”的代号。其中“GB”是GUOJIA BIAOZHUN（国家标准）的缩写，“126”是标准的编号，“74”表示标准是在1974年颁布的。

图样格式见图 1-2，图中 a 为装订边的边宽。图样上应有标题栏，放在图样的右下角，右上角为工艺栏，左上角为反向图号栏。用于学生作业的标题栏可采用图 1-3 的格式。

8	绘 图	(姓 名)	(日期)	(名 称)	(图 号)			
8	校 对				比 例	12	件 数	12
8	审 核							
8	描 图			(材 料)	(校 名) 班			
	15	20	15	50	50			

(a) 零件图标题栏

				12		18		
7								
8	序 号	代 号	名 称	件 数	材 料	附 注		
8	绘 图	(姓 名)	(日期)	(名 称)	(图 号)			
8	校 对				比 例	12	件 数	12
8	审 核							
8	描 图			装 配 图	(校 名) 班			
	15	20	15	50	50			

(b) 装配图标题栏

图1-3 作业标题栏格式

二、比 例

图样上图形大小与机件实际大小之比称为比例。为了便于按图形估计机件的大小，绘图时应尽量采用 1:1 的比例，但因各种机件大小悬殊，繁简不一，有时图形需要放大或缩小，所以在 GB126-74 中规定了画图时放大或缩小的比例，见表 1-2。

表 1-2

缩小的比例	1:2	1:2.5	1:3	1:4	1:5
(图形小于实物)	1:10 ⁿ ①	1:2×10 ⁿ	1:2.5×10 ⁿ		1:5×10 ⁿ
放大的比例	2:1	2.5:1	4:1	5:1	10:1
(图形大于实物)	(10×n):1				

① n 为正整数。

同一张图样上,若各图形采用的比例相同时,在标题栏中的“比例”一格内注明所用比例即可。如1:1,1:2,2:1等。

同一张图样上,个别图形选用的比例与标题栏中所注的比例不同时,在这个图形的文字标记下应写出相应的比例。此时要在比例数字之前标以符号“M”,如 $\frac{A向}{M5:1}$ 、 $\frac{I}{M2:1}$ 等,参看图1-7。

在表格图、草图上不必标注比例。

三、字 体

在GB126-74中规定:“图样和技术文件中书写的汉字、数字、字母必须做到:字体端正,笔划清楚,排列整齐,间隔均匀。”“汉字尽可能写成长仿宋体,并应采用国家正式公布的简化字”。

汉字选用长仿宋体是因为它具有如下特点:笔划挺直、粗细一致、结构匀称、清秀简洁。如注意这些特点并掌握书写要领,就能较快地学好。把这种字体分解一下,不外乎是由几种基本笔划组成,即:横、竖、撇、捺、点、挑、钩等,其用笔特点系根据对毛笔书写分析而来,如图1-4(a)、(b)、(c)、(d)所示,其中空心笔划为毛笔书写结构。笔划连接的写法见图1-4(e)。

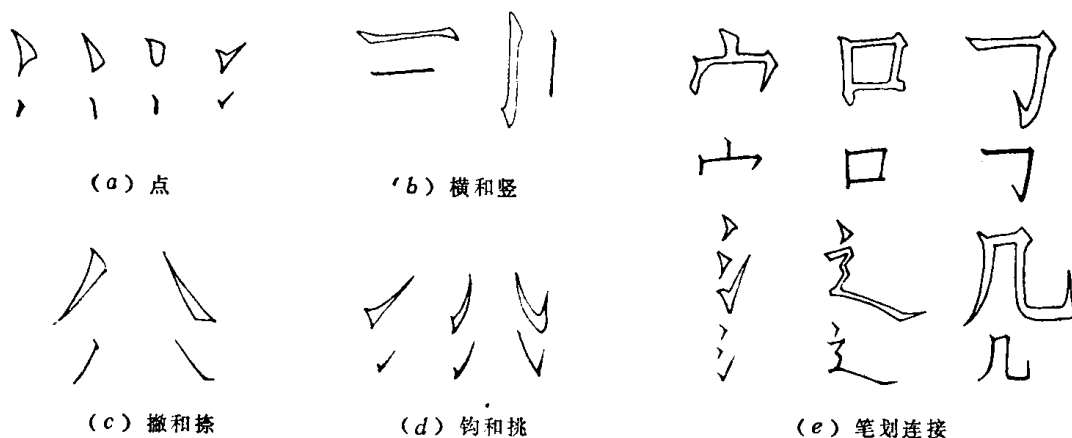


图1-4 长仿宋体基本笔法

在学习基本笔划的同时,还应注意字体的写法,其要领是:横平竖直,排列匀称,注意起落,填满方格。

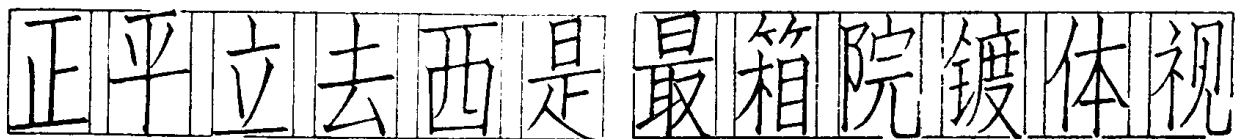
“横平竖直”——这是对字形主要骨架的要求。根据汉字特点,横笔应该从左到右略微提升,才显得生动而不呆板,如图1-5(a)所示。

“排列匀称”——这是对字形结构的要求。首先对偏旁、字首所占位置应该恰当。由于字首在上,偏旁多处左侧,故有左(上)轻、右(下)重之说,即它们在字形结构中不占主要位置,如图1-5(b)所示。

其次,排列匀称也不是各占一方,而是有让有伸,字形平稳,如图1-5(c)所示。

“注意起落”——这是对笔划起笔、落笔的要求。长仿宋体要求起落笔有轻有重,笔锋分明,重笔有力,轻笔出锋,如图1-5(d)所示。

“填满方格”——这是对字形大小的要求。长仿宋体高三宽二,挺拔清秀,属长字型。



(a) 左低右高不呆板

(b) 字首、偏旁不为主



(c) 有让有伸结构匀



(d) 起落分明有笔锋



(e) 长扁字形不足格

图1-5 长仿宋体写法要领

但由于字形特征不同，也并非一律填满，尤其对笔划少的字形，或细长字形、扁平字形，则不应足格，如图 1-5(e) 所示。

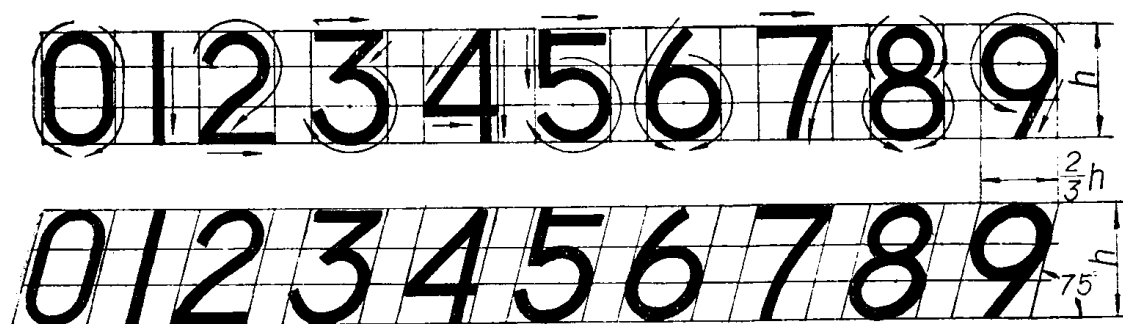
字体的大小以号数表示，字体的号数就是字体的高度（单位为毫米），分为 20, 14, 10, 7, 5, 3.5, 2.5 七种。字体的宽度是字高的 $2/3$ 。用作指数、分数、注脚、尺寸偏差数值和精度等级的数字，相对于原字体一般采用小一号字体。

字母和数字通常使用与水平线成 75° 的斜体字。

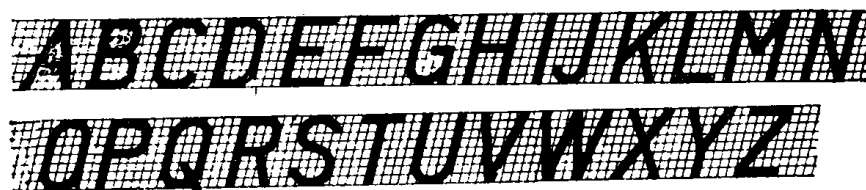
图 1-6 是各种字体的示例。

字体端正笔划清楚排列整齐间隔均匀绘图校对审核描图名称序号代数量材料附注比例件装配时零作斜度深沉最大小球厚直网纹均布蜗平镀抛光研视图向旋转前后表面展开两端中心孔锥销技术要求对称不同轴垂线相交平行径跳动弯曲形位移允许偏差内外左右检验数值范围应符号于等级精热处理淬退回火渗碳硬有效总圈并紧其余未注明按全部倒角螺栓母钉双头密封垫片顶盖底座托盘支架箱体床身汽缸活塞滑块套筒拨叉拉杆拖板名牌手齿链凸轮皮带防护罩弹簧花键联接可变换集散整流电压阻容器波导管钮子绝缘环真空泵阀门铸铁钢铜锌铬镍银锰锡硅塑料聚氯乙稀革纸木磁漆橡胶陶瓷熔断焊插继步油渗淬设计重量金钢钻

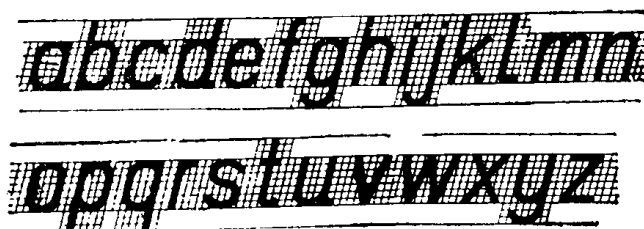
(a) 汉字——长仿宋体字



(b) 阿拉伯数字



(c) 大写斜体汉语拼音字母



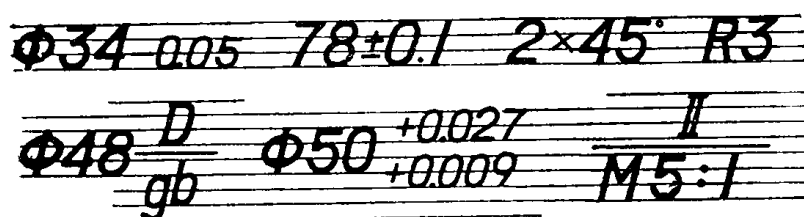
(d) 小写斜体汉语拼音字母



(e) 常用小写斜体希腊字母



(f) 斜体罗马数字



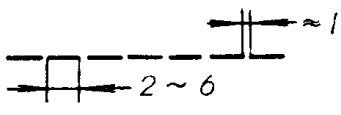
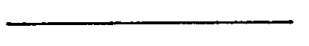
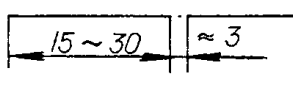
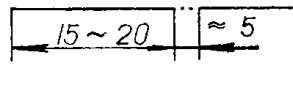
(g) 字体组合示例

图1-6 字体示例

四、图 线

按 GB126-74 的规定, 画图时采用表 1-3 所列的图线。它们的应用图例见图 1-7。

表 1-3

图线名称	图 线 形 式	图 线 宽 度	图 线 用 途 举 例
粗 实 线		$b \approx 0.4 \sim 1.2 \text{ mm}$	1. 可见轮廓线; 2. 可见过渡线
虚 线		$b/2$ 左右	1. 不可见轮廓线; 2. 不可见过渡线
细 实 线		$b/3$ 或更细	1. 尺寸线, 尺寸界线; 2. 剖面线; 3. 重合剖面的轮廓线; 4. 指引线; 5. 分界线及范围线
点 划 线		$b/3$ 或更细	1. 轴线; 2. 对称中心线
双点划线		$b/3$ 或更细	1. 运动件在极限位置或中间位置的轮廓线; 2. 辅助用相邻部分的轮廓线; 3. 剖视中被切去部分的假想轮廓线; 4. 坯料的轮廓线, 毛坯图中制成品的轮廓线
波 浪 线		$b/3$ 或更细 (徒手绘制)	机件断裂处的边界线

同一图样中同类线型的宽度应一致。虚线、点划线及双点划线的线段长短和间隔应各自大致相等, 点划线及双点划线的首末两端应是线段。虚线与点划线、虚线、实线相交时, 应以线段相交, 不要留有空隙, 但当虚线是实线的延长线时, 则要留有间隙。平行的虚线要将线段错开 (图 1-8)。

画圆的中心线时, 圆心应为线段的交点, 点划线的线段超出圆周长度不得超过 5mm (图 1-9 a)。

当圆的图形比较小, 用点划线绘制中心线有困难时, 可用细实线代替, 如图 1-9 (b)。

五、剖面符号

机件被剖切平面剖切, 切口部分的图形称为剖面图。在剖面图上画有不同的规定符号

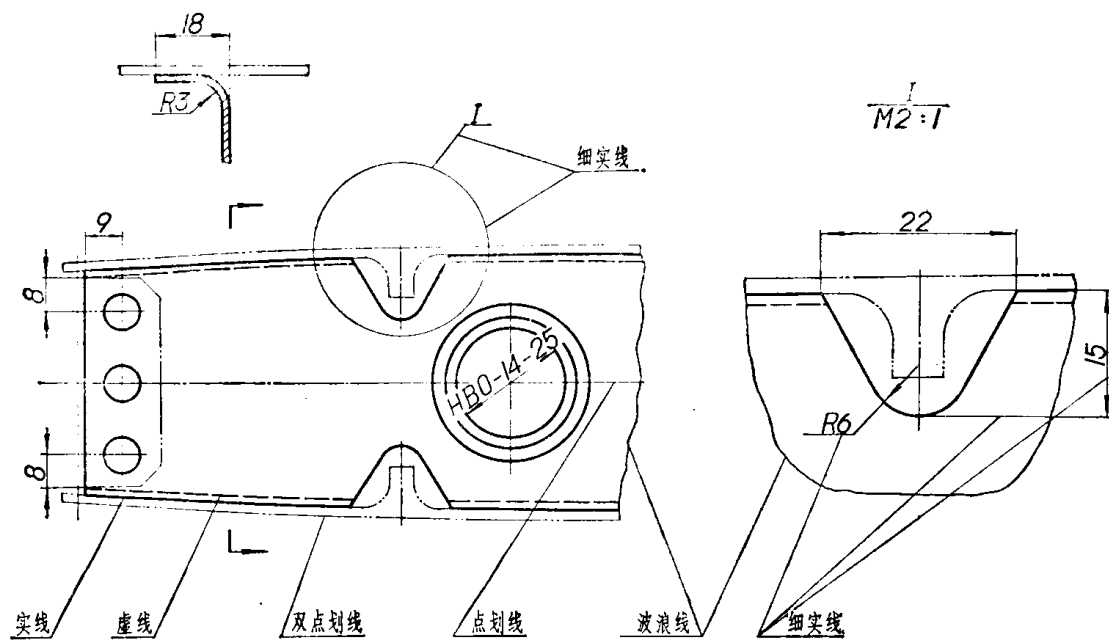
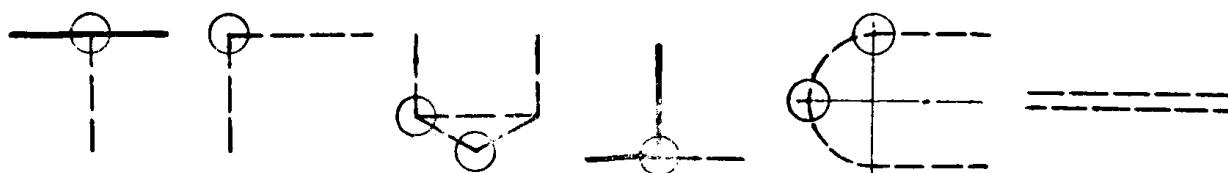
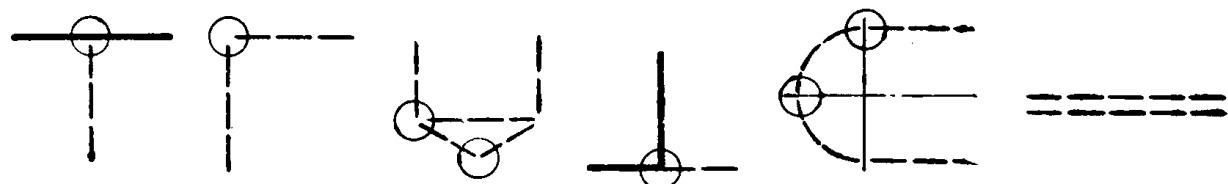


图1-7 图线的应用示例

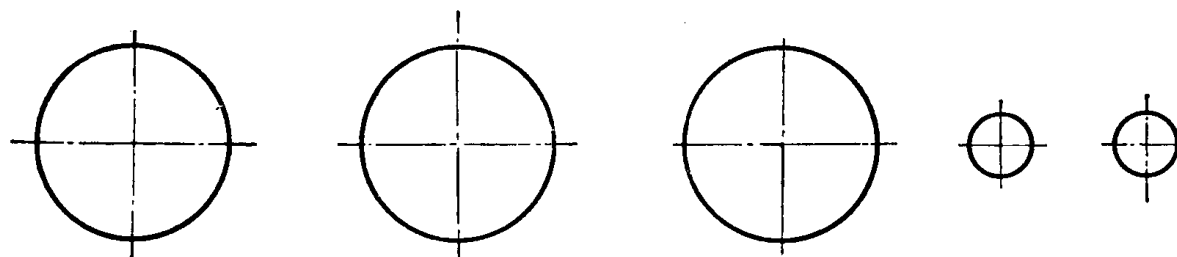


(a) 正 确



(b) 错 误

图1-8 虚线的画法



正确

不正确

不正确

好

不好

(a)

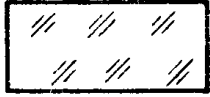
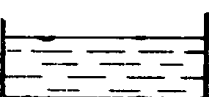
(b)

图1-9 中心线的画法

表示机件的不同材料,这种符号称为剖面符号。金属材料的剖面符号为一组与水平线成 45° 的平行细实线,这些细实线通常称为剖面线。

GB126-74 规定了各种材料的剖面符号(表 1-4)。

表 1-4

金属材料 (已有规定剖面符号者除外)		木材 纵剖面	
线圈绕组元件		木材 横剖面	
非金属材料 (已有规定剖面符号者除外)		基础周围的泥土	
型砂、填砂、粉末冶金、 砂轮、陶瓷刀片、硬质合金 刀片等		混凝土	
玻璃及供观察用的其它透 明材料		液体	

对于剖面线的画法有如下规定:

(1) 同一金属零件所有剖面图和剖视图中的剖面线,应间隔相等、方向相同。若图形中的主要轮廓线与水平成 45° 或接近 45° 时,则该图形的剖面线应画成与水平成 30° 或 60° ,但倾斜方向仍应与其他图形的剖面线方向一致(图 1-10)。

(2) 在剖视图或剖面图中,当剖面图形的面积较大时,可以只沿周边轮廓画出剖面线(图 1-11)。

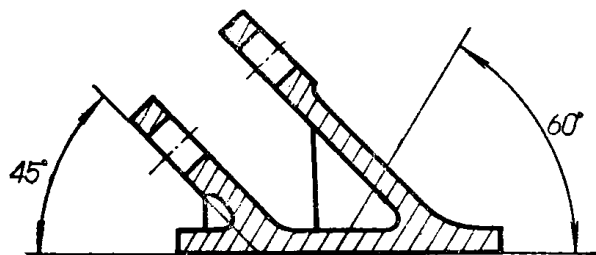


图1-10 主要轮廓线为 45° 时剖面线画法

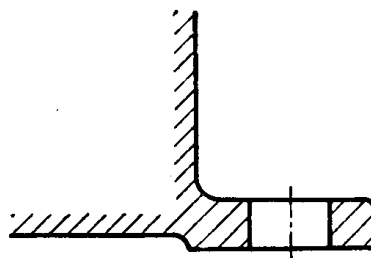


图1-11 大面积图形的剖面线画法

六、尺寸注法

GB129-74 规定了在图样上注尺寸的方法。标注每一尺寸时,需要应用尺寸线、尺寸界线、尺寸数字和箭头。尺寸线表示尺寸的方向,尺寸界线表示尺寸的范围,尺寸数字表