

高等学校教材

画法几何及机械制图

第二版

大连海运学院制图教研室 编

人民交通出版社

高等学校教材

画法几何及机械制图

Huafa Jihe Ji Jixie Zhitu

第二版

大连海运学院制图教研室 编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书除绪论外共有十七章，主要内容包括制图的基本知识和技能、画法几何、投影制图、机械制造常识、机械图样、其它图样、计算机绘图简介、外国机械图样画法简介等。

本书为水运轮机管理专业教材，也可供机电类专业的学生、教师及工程技术人员参考。

为配合教学需要，另有习题集同时出版。

高等学校教材

画法几何及机械制图

第 二 版

大连海运学院制图教研室 编

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：23.25 字数：523 千

1981年6月 第1版

1986年6月 第2版 第2次印刷

印数：17,801—26,800册 定价：3.35 元

前 言

本书是在1981年版的基础上,结合近年来教学改革的经验,并广泛征求了使用初版教材院校的意见后修订的。

在修订中,参照高等学校工科制图教材编审委员会审定的120学时类型《画法几何及工程制图教学大纲》,结合轮机管理专业的特点,在内容安排上作了一些调整。如为加强绘图技能的训练,把制图的基本知识和技能放在学习画法几何之前,有利于提高教学质量。在加强基础理论保持画法几何完整体系的前提下,注意了与投影制图的结合,把理论和应用紧密衔接。

根据工程管理类专业的特点,在机械制图中适当加深加宽有关机械制造工艺基本知识,仍然是有必要的。为此,保留机械制造常识这一章,并用小号字排印,便于教学中参阅。此外,对零件图与零部件测绘也安排略多,可根据教学需要进行取舍。

本书采用了1985年7月1日施行的国家标准《机械制图》,对其它有关标准都尽可能地选用最新修订的版本。为适应远洋船舶轮机员工作的需要,对外国机械图样画法做了充实,并单列一章,以供参考。

此外,为配合本教材使用,同时修订了《画法几何及机械制图习题集》,另册出版,以利教学。

在本书修订过程中,集美航海专科学校、武汉河运专科学校、青岛远洋船员学院以及中国人民解放军海军工程学院等提供了许多宝贵意见和参考资料,在此表示感谢。

本书由常学谦、高德生主编。参加编写的还有刘炳阳、张世林、杨志沂、陈锡娟、顾启江。最后由常学谦汇总整理定稿,李运兄等参加描图。限于时间和水平,错误和不当之处在所难免,敬请广大读者给予批评指正。

大连海运学院制图教研室

1985年5月

目 录

绪论	1
第一章 制图的基本知识和技能	5
§1-1 国家标准《机械制图》	5
§1-2 绘图工具及其使用方法	13
§1-3 几何作图	16
§1-4 平面图形的尺寸分析	21
第二章 点、直线、平面的投影	28
§2-1 点的投影	28
§2-2 直线的投影	32
§2-3 平面的投影	39
复习题	46
第三章 直线与平面、平面与平面的相对位置	47
§3-1 直线与平面平行、两平面平行	47
§3-2 直线与平面相交、两平面相交	49
§3-3 直线与平面垂直、两平面垂直	53
复习题	56
第四章 投影变换	58
§4-1 概述	58
§4-2 换面法	59
§4-3 旋转法	66
复习题	70
第五章 曲线与曲面	71
§5-1 曲线	71
§5-2 曲面	76
复习题	83
第六章 立体	84
§6-1 平面立体	84
§6-2 曲面立体	88
§6-3 两曲面立体相交	98
复习题	106
第七章 组合体的视图和注尺寸	107
§7-1 组合体的视图	107
§7-2 组合体的尺寸标注	117
第八章 机件的表达方法	121

§8-1	表达机件外形的方法——视图	121
§8-2	表达机件内形的方法——剖视图	124
§8-3	表达机件断面形状的方法——剖面图	132
§8-4	其它表达方法	134
第九章	轴测投影图	139
§9-1	轴测图的基本概念	140
§9-2	正等测轴测投影图	141
§9-3	斜二测轴测投影图	147
§9-4	轴测图中的剖切画法	149
第十章	机械制造常识	152
§10-1	机械产品组成部分及其装配	152
§10-2	机械零件的制造工艺过程及常见工艺结构	154
§10-3	常用金属材料及其热处理	170
第十一章	连接件、传动件、常用件	174
§11-1	螺纹和螺纹紧固件	175
§11-2	键、销	184
§11-3	传动件	187
§11-4	常用件	193
第十二章	零件图	198
§12-1	零件图的内容	198
§12-2	零件的视图表达	198
§12-3	零件图的尺寸注法	206
§12-4	零件的加工精度及其注法	212
§12-5	零件图的技术要求及注写	233
§12-6	看零件图	233
§12-7	零件图示例	236
第十三章	装配图	242
§13-1	装配图的内容	242
§13-2	机器或部件的视图表达	244
§13-3	装配图中的尺寸	247
§13-4	装配图中零、部件的序号及其编排方法	248
§13-5	装配图的技术要求及注写	249
§13-6	装配图中的标题栏和明细栏	250
§13-7	零件结构的装配工艺性	250
§13-8	画装配图的方法和步骤	254
§13-9	看装配图	262
第十四章	零、部件测绘	274
§14-1	测绘的准备工作	274
§14-2	测绘零、部件	275
§14-3	螺纹及齿轮的测绘	284

第十五章 其它图样	291
§15-1 展开图	291
§15-2 焊接图	301
§15-3 管路图	309
第十六章 计算机绘图简介	315
§16-1 计算机自动绘图系统的组成	315
§16-2 自动绘图的插补原理	318
§16-3 光笔图形显示装置	320
§16-4 绘图程序编制浅说	322
第十七章 外国机械图样画法简介	326
§17-1 第三角画法	326
§17-2 图线	329
§17-3 剖视、剖面及简化画法	332
§17-4 螺纹的画法与标注	335
§17-5 齿轮的画法	339
§17-6 零件表面特征的标注	341
§17-7 零件图图例	343
附录	347
一、螺纹	347
二、螺纹紧固件	349
三、键	354
四、销	355
五、常用标准结构	356
六、公差与配合	357

绪 论

一、本课程的研究对象

在现代化的工业生产中，一切机器、仪器、设备等都是按照图样进行生产的。图和文字、数字一样，是人类借以构思、分析、表达、交流的基本工具之一，在工程技术中应用非常广泛，是工业生产中不可缺少的技术资料。人们把它看作是工程界的“技术语言”。

如果把图样看作“技术语言”，画法几何就是这种语言的“文法”。它是运用投影的方法来研究空间几何问题的图示法和图解法。它不仅为工程图样中用图形表达物体提供了基本理论和方法，而且对培养分析和解决空间几何问题的思考方法有着重要的作用。

因此，画法几何及机械制图是一门研究用投影法绘制机械图样和解决空间几何问题的理论和方法的课程。

二、投影法的基本知识

工程图样是根据投影原理画出来的，这些理论都是建立在初等几何学和投影法基础之上的。前者是已经学过的，因而画法几何的基础就是投影法。

什么是投影法呢？日常生活中，在灯光或阳光下照射物体，在墙壁上或地面上就会产生影子，这是常见的自然现象。如图1所示，设空间有一平面 P ，平面外有一定点 S 。若把空间的一个点 A 投射到 P 平面上，可连接 SA 并延长之，使它与 P 面交于点 a ，于是 a 即为空间点 A 在 P 平面上的投影。 P 面称为投影面， S 称为投影中心， SAa 称为投射射线。这种把空间几何要素投射到平面上的方法叫投影法。

投影法一般分为两大类，即中心投影法和平行投影法。

1. 中心投影法

所有投射射线都通过一个投影中心，如图2，犹如灯光照射物体形成影子。

2. 平行投影法

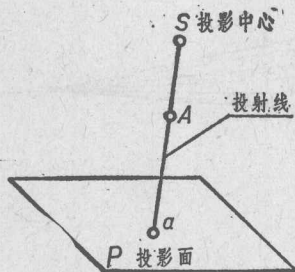


图1 投影法

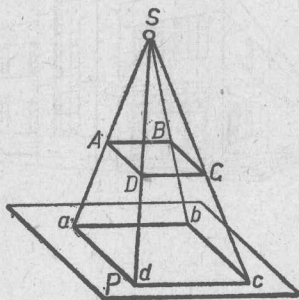


图2 中心投影法

所有投射线互相平行，如图3，犹如阳光照射物体形成影子。平行投影法又可分为两种：

1)斜投影法 投射线互相平行，投射方向倾斜于投影面，如图3(a)。

2)正投影法 投射线互相平行，投射方向垂直于投影面，如图3(b)。

画法几何就是用这种假设的投影法，确定空间几何要素在平面上的图象。

如图1所示，由于每一条投射线只能和投影面交于一点，因此在任何投影法中，空间一点在一定投影条件下，在一个投影面上只有唯一的投影。但反之，仅知点的一个投影不能唯一地确定该点的空间位置。如图4，当投影方向确定时，点在 P 面上的投影 a 可以对应投射线上的 A_1 、 A_2 、 A_3 ……，即空间点 A 的位置是不能唯一确定的。

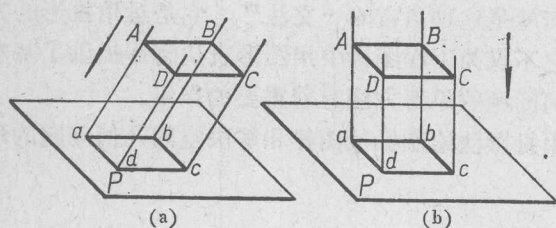


图3 平行投影法
(a)斜投影法；(b)正投影法

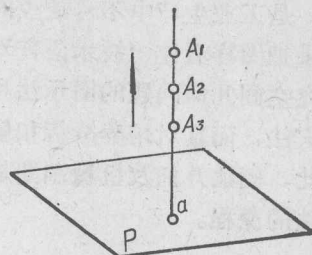


图4 空间点 A 的位置不能唯一确定

三、工程上常用的几种图示法

工程图样根据表达对象和使用目的不同，或要求有较强的直观性，或要求有良好的度量性。为满足这些要求，常用的有以下四种图示方法。

1. 透视投影

透视投影是用中心投影法画出的单面投影图，如图5，它与照像成影的原理相似。这种图样符合人们的视觉，富有真实感，直观性很强。但它作图比较复杂，并难以真实反映空间的几何关系，度量性差。在工程上多用于房屋土建工程的辅助图样。

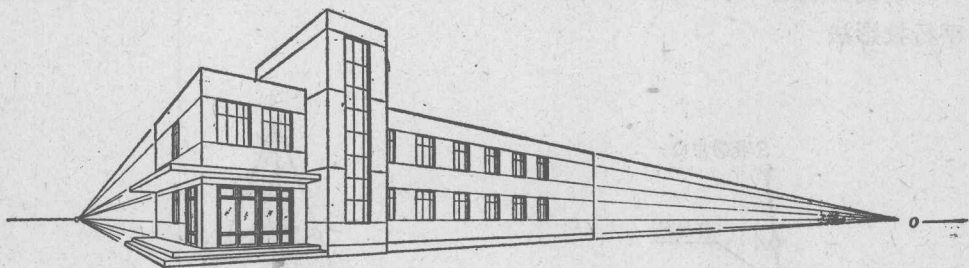


图5 透视投影

2. 标高投影

标高投影是用正投影法画出的有数字标记的单面投影图。假想用一系列与投影面平行的

平面截切物体，将所得各截交线标以数字，以表示距投影面的距离，这样，在投影图上就确定了物体的基本构形。图6是一座山的标高投影作图原理，图中每一条曲线都是水平面切割山头所得交线的投影，该交线称为等高线。

标高投影画法比较简便，度量性也较强，但实感性较差。在工程中主要用于表示不规则曲面，如地形及船体、飞机、汽车的外形曲面等。

3. 轴测投影

轴测投影是用平行投影法（正投影或斜投影）画出来的单面投影图。它把物体连同其所在的直角坐标系一起投射到投影面上，由于在一个投影面上能够反映物体的长、宽、高三个方向的形状，因而富有立体感，如图7。其作图方法比画透视投影图要简单，但度量性仍然较差。科技图书中常用它来描述物体的形象，在机械制图中常作为一种辅助图样。

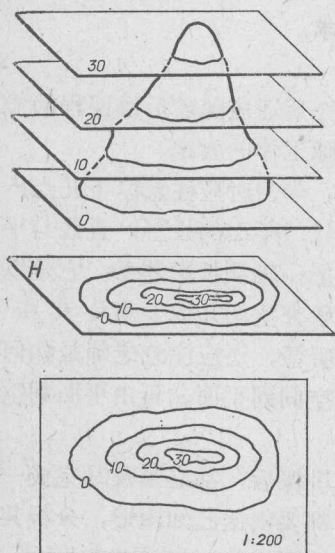


图6 标高投影

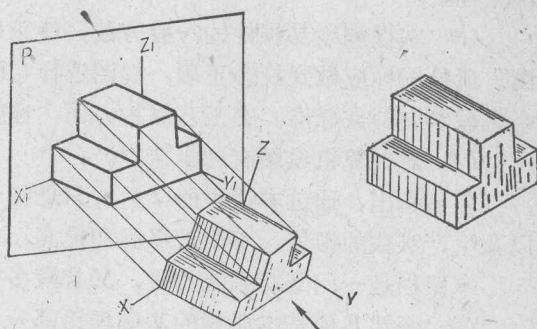


图7 轴测投影

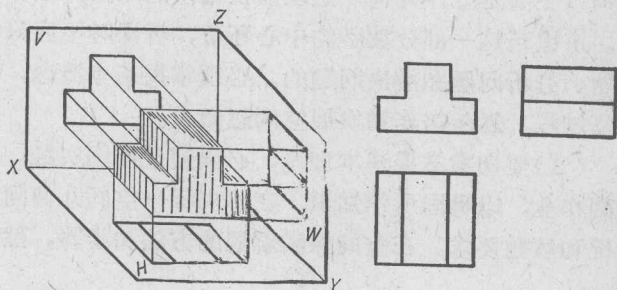


图8 多面正投影

4. 多面正投影

多面正投影是用正投影法把空间物体分别投影到两个或两个以上互相垂直的投影面上，然后将投影面按照一定规律展开，摊平为一个平面，如图8。把几个投影图综合起来，根据正投影的原理，便能唯一确定该物体的空间位置和形状。

在多面正投影图中，可以清晰地表示物体不同方向的实际形状和大小。因此，它的度量性好，并且作图比较简便。但它的直观性较差，必需把几个图形互相对照，综合起来才能了解物体的全貌。机械工程和其它工程图样，主要要求度量性好，作图简便，能唯一确定所表示物体的结构形状，所以广泛采用多面正投影。

掌握多面正投影需要有一个学习过程，本书后面所涉及的投影法问题，非特别指明，一般都是指正投影法。

四、学习本课程的目的要求及学习方法

画法几何及机械制图是高等工科院校的一门重要技术基础课,学习本课程的主要目的是:培养学生具有绘制和阅读机械工程图样的能力,并具有一定的图解空间几何问题的能力。对于机械管理工程专业,通过本课程学习应达到如下要求:

(1)掌握正投影的基本理论和作图方法;了解轴测投影的基本知识,并掌握其基本画法。

(2)能运用图解法解决简单的空间几何问题。

(3)能正确地使用绘图工具和仪器,掌握用仪器和徒手作图的技能,会查阅有关手册和国家标准。

(4)掌握测绘易损件的一般方法,能正确地阅读和绘制中等复杂程度的零件图和装配图。所绘图样应做到投影正确,视图选择与配置恰当,尺寸完全,字体工整,图面整洁,符合机械制图国家标准。在工艺结构方面,懂得注意生产的要求。

(5)对计算机绘图有初步认识。

应该指出,通过本课程的学习,只是打下必要的基础。今后还应随着后继课程的学习,以及生产实践的锻炼,不断地巩固和提高,才能逐步适应实际工作的要求。

本课程是一门既有系统理论,又有较多实践环节的课程,学习时应注意以下几点:

(1)画法几何是本课程的基础理论部分,它包括点、直线、平面的投影;直线与平面、平面与平面的相对位置;投影变换;曲线与曲面;立体的投影;轴测投影等章。它是以初等几何(主要是立体几何)定理为依据,运用投影法在平面上研究空间几何要素及其相互关系。讲课是这一部分教学的中心环节,听课时不应只满足于听懂,还应注意老师是如何提出问题、分析问题和解决问题的。必须掌握基本概念,注意从空间到平面,再由平面到空间的反复过程,逐步培养和发展空间想像力。

(2)要切实掌握基本理论,必须通过作图实践。在每次讲课后,都必须及时完成一定数量的作业,以巩固所学知识。在解决每一空间几何问题时,都要根据已知图形,分析其空间情况和解题要求,在空间探索解题的方法和步骤,然后根据投影规律,按步骤在平面上作图。

(3)机械制图的知识是通过听课和用较多时间完成一系列作业来掌握的。其特点是知识面涉及较广,实践性很强。听课时必须注意作图的原理、方法和步骤,明确每次绘图作业的目的要求。在老师指导下,认真地进行作业,注意培养独立工作能力。在绘制作业时,要注意联系和运用画法几何的知识,严格遵守机械制图国家标准,正确地使用工具、仪器,逐步掌握绘图的基本技能。

(4)生产中对图样的要求是非常严格的,一条线或一个字的差错往往会造成重大的经济损失。作为一个未来的工程技术人员,从学习的开始就应该注意,通过完成每一次作业,培养严肃认真的工作态度和耐心细致的工作作风。

第一章 制图的基本知识和技能

机械图样一般是用专门的绘图工具、仪器按照国家标准《机械制图》的有关规定绘制的。掌握画图的基本知识和技能是学习本课程的目的之一。

本章主要介绍国家标准《机械制图》的有关规定；绘图工具、仪器的使用方法及常用的几何作图。

§ 1-1 国家标准《机械制图》

图样是工程界通用的技术语言，通过它表达设计者的思想、进行生产加工和开展技术交流。因此，必须对它的画法、格式、内容等有一个统一的规定。为此，我国于1959年制订的国家标准《机械制图》，在全国起到了统一工程技术语言的作用。随着生产的发展和国际间技术交流的需要，1974年和1984年又对该标准进行了两次修订，并要求设计部门和生产单位共同遵守。

现将国家标准《机械制图》中最基本的内容摘要介绍如下，其余部分将在以后章节结合有关内容陆续介绍。

一、图纸幅面及格式(根据 GB 4457.1—84)①

绘制图样时，优先采用表1-1中规定的幅面尺寸。

A0的图幅面积为 1m^2 。各种幅面的 $B:L=1:\sqrt{2}$ ，成对摺相似规律。

需要装订的图样，其图框格式如图1-1所示，尺寸按表1-1中的规定。一般采用A4幅面竖装或A3幅面横装。

图纸幅面尺寸 (单位: mm)

表1-1

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4	A5
B×L	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297	148×210
a	25					
c	10			5		
e	20		10			

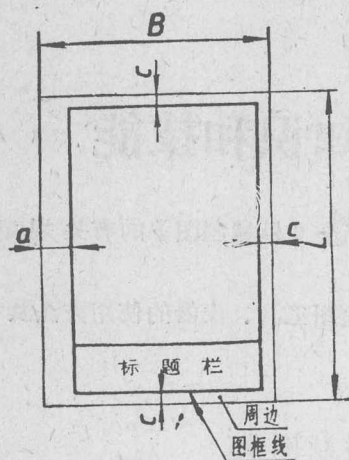
不留装订边的图样，其图框格式如图1-2所示，尺寸也按表1-1中的规定。

图框线用粗实线绘制

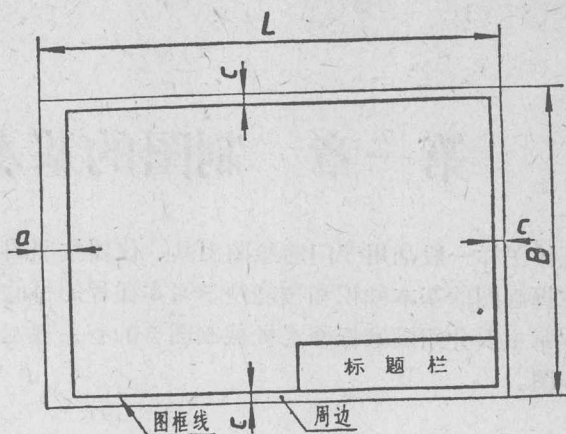
标题栏应按图1-1所示的方位配置，必要时也可按图1-3所示的方位配置。

标题栏的格式和尺寸，国家标准没有统一规定，学生做制图作业时建议采用图1-4所示的格式和尺寸。

① GB4457.1—84 是国家标准《机械制图》中“图纸幅面及格式”的代号，其中GB是汉语拼音GUOJIA BIAO-ZHUN (国家标准)的缩写，“4457.1”是标准的编号，“84”表示1984年批准的。

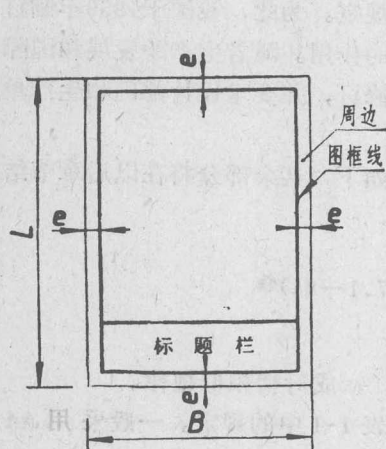


(a)

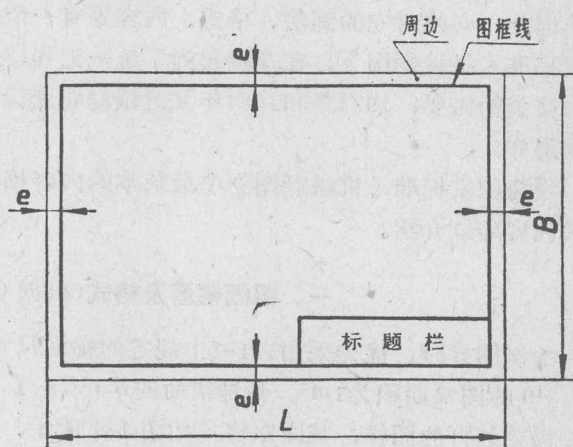


(b)

图1-1 图框格式(一)



(a)



(b)

图1-2 图框格式(二)

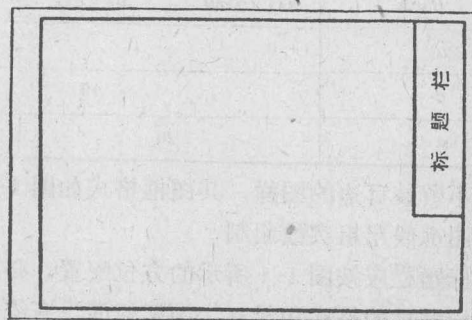
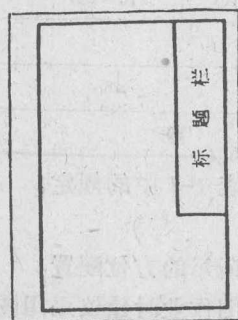


图1-3 标题栏的配置

35 7 7 7	(校名)		(名称)	(代号)		7 7 7
	(班号)			比	例	
	制图	(姓名)		重	量	
	审核	(日期)		共	张	
	第	张		第	张	
	12	25		20		
	60			40		
	160					

图1-4 标题栏的格式

标题栏中的文字方向为看图的方向。

二、比例 (根据 GB 4457.2—84)

比例是指图样中机件要素的线性尺寸与实际机件相应要素的线性尺寸之比。绘制图样时,一般应采用表1-2中规定的比例。

表1-2

与实物相同	1:1
缩小的比例	1:1.5 1:2 1:2.5 1:3 1:4 1:5 1:10 ⁿ 1:1.5×10 ⁿ 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×n):1

注: n为正整数

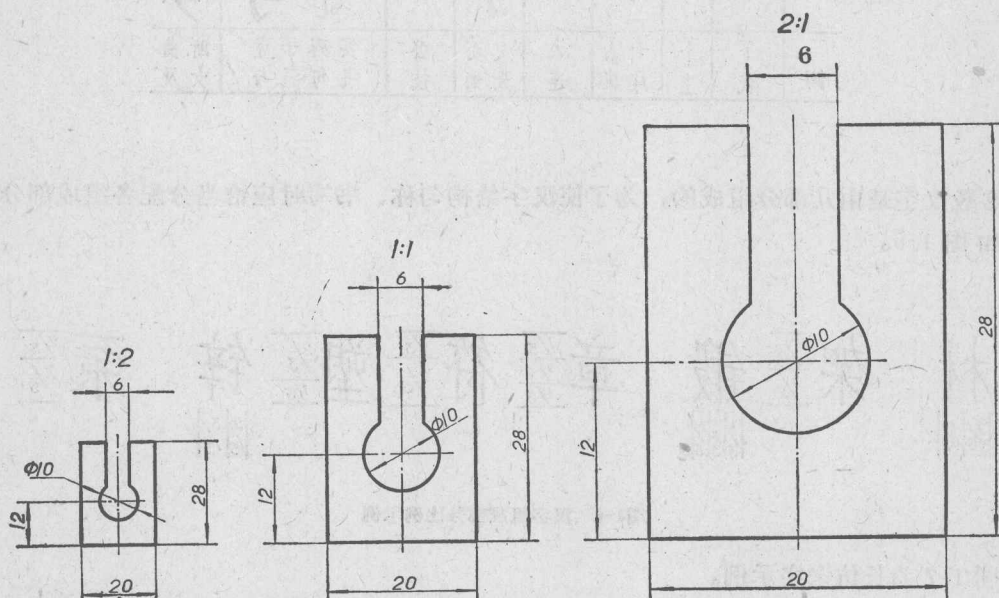


图1-5 用不同比例画出的图形

为了能从图样上得到机件大小的真实概念，应尽量采用 1 : 1 画图。对大而简单的机件可采用缩小的比例，对小而复杂的机件则可采用放大的比例。

图 1-5 表示同一机件采用不同比例所画的图形。

绘制同一机件的各个视图应采用相同的比例，并在标题栏的比例一栏中填写所采用的比例，例如 1 : 2。当某一视图需要采用不同的比例时，必须另行标注。

三、字体（根据 GB 4457.3—84）

图样中书写的字体必须做到：字体端正、笔划清楚、排列整齐、间隔均匀。

字体的号数，即字体的高度（单位为 mm），分为 20、14、10、7、5、3.5、2.5^① 七种。字体的宽度约等于字体高度的三分之二（相当于下一号字的高度）。

汉字应写成长仿宋体，并应采用国家正式公布推行的简化字。书写长仿宋字的要领是：横平竖直、注意起落，结构匀称，填满方格。

长仿宋字的基本笔划是：横、竖、撇、捺、点、挑、勾、折等，其基本笔法见表 1-3。

汉字基本笔法							表 1-3	
名称	横	竖	撇	捺	点	挑	勾	折
基本笔划及运笔法	平横 —	竖 	平撇 —	斜捺 ↘	尖点 丶	平挑 —	平勾 —	左折 └
	斜横 /		斜撇 ↙	平捺 —	垂点 丶	斜挑 /	左弯勾 ┐	右折 ┐
			直撇 	上挑点 丶	撇点 丶		竖弯勾 乚	斜折 ㄣ
							包勾 ㇏	双折 ㄩ
例	下 代	卜 上	千 人 月 床	大 连	文 心 光 海	公 技	买 列 子 孔 戈 句 气 与	断 曲 女 及

多数汉字是由几部分组成的，为了使汉字结构匀称、书写时应恰当分配各组成部分的比例、如图 1-6。

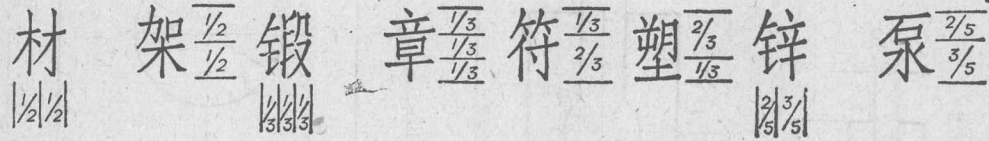


图 1-6 汉字组成部分比例示例

图 1-7 为长仿宋字示例。

数字和字母分直体和斜体两种，常用的是斜体。斜体字字头向右倾斜，与水平线约成 75°。

① 汉字高度不宜采用 2.5

图1-8为阿拉伯数字、拉丁字母、罗马数字及其应用书写示例。

10号

图样是工程界的技术语言

7号

图样和技术文件中书写的
汉字数字字母都必须做到
字体端正 笔划清楚
排列整齐 间隔均匀

5号

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

图1-7 汉字书写示例

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

A B C D E F G H I J K L M N

O P Q R S T U V W X Y Z

a b c d e f g h i j k l m n

o p q r s t u v w x y z

I II III IV V VI VII VIII IX X

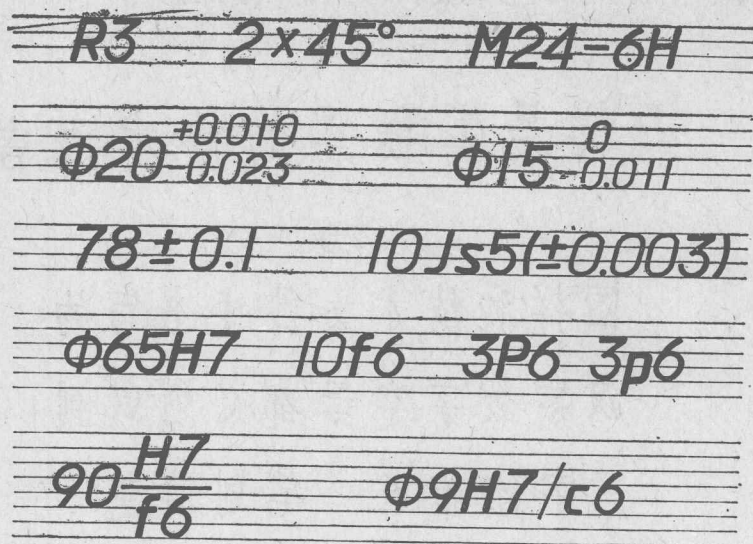


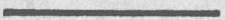
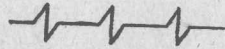
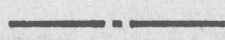
图1-8 阿拉伯数字、拉丁字母、罗马数字及其应用书写示例

四、图线的型式及其画法 (根据 GB 4457.4—84)

各种图线的名称、型式、代号、宽度以及在图上的一般应用见表1-4和图1-9、图1-10。

图线的型式及应用

表1-4

图 线 名 称	图 线 型 式 及 代 号	图 线 宽 度	一 般 应 用
粗 实 线	 A	b	A 1 可见轮廓线 (图1-9)
细 实 线	 B	约 $b/3$	B 1 尺寸线及尺寸界线 (图1-9) B 2 剖面线 (图1-9)
波 浪 线	 C	约 $b/3$	C 1 断裂处的边界线 (图1-9) C 2 视图与剖视图的分界线 (图1-9)
双 折 线	 D	约 $b/3$	D 1 断裂处的边界线 (图1-9)
虚 线	 F	约 $b/3$	F 1 不可见轮廓线 (图1-9)
细 点 划 线	 G	约 $b/3$	G 1 轴线 (图1-9) G 2 对称中心线 (图1-9)
粗 点 划 线	 J	b	J 1 有特殊要求的线或表面的表示线 (图1-10)
双 点 划 线	 K	约 $b/3$	K 1 相邻辅助零件的轮廓线 (图1-9) K 2 极限位置的轮廓线 (图1-9)

图线的宽度分粗细两种。粗线的宽度 b 应按图形的大小和复杂程度, 在 $0.5 \sim 2\text{mm}$ 之间选择; 细线的宽度约为 $b/3$ 。