

画法几何及机械制图

上

画法几何及机械制图

(上册)

天 津 大 学 任孝天 赵兰芬 主编
机械制图教研室

天津科学技术出版社

内 容 简 介

本书采用1985年正式实施的机械制图新国家标准进行编写,分上、下两册,上册为机械制图基本标准及画法几何部分。本书贯彻少而精的原则,在培养空间思维基础上,从体出发,把投影理论与绘图、读图有机地结合起来,以培养分析问题、解决问题的能力。

本书可作为大专院校机械类、半机械类各专业的教科书,亦适用于职工业余大学等使用,并可供有关工程技术人员参考。

同时出版的《画法几何及机械制图习题集》可与本书配套使用。

画法几何及机械制图

(上册)

天 津 大 学 任孝天 赵兰芬 主编
机械制图教研室

责任编辑: 苏 飞

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道124号

天津市蓟县印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 14.75 字数 359,000

一九八五年八月第一版

一九八五年八月第一次印刷

印数: 1—21,900

书号: 15212·159 定价: 2.80元

前 言

本书采用1985年7月颁布实行的新的机械制图国家标准进行编写。为配合本教材的使用，另编了《画法几何及机械制图习题集》一同出版。

全书贯彻“少而精”的原则，在培养空间思维能力的基础上，从体出发，把投影理论与绘图、读图有机地结合起来，由浅入深，由易到难，以培养分析问题、解决问题的能力。

本书选用的图例附有适当的立体图，并尽量选择联系生产实际的题材，便于学生理解，有利于结合生产实践。

书末附有必要的附录，以利读者选学、查阅标准件以及有关参考数据等。

本书可作为大专院校机械类、半机械类各专业的教科书，亦适用于职工工业大学等使用，也可供有关工程技术人员参考。

本书分上、下两册，上册由任孝天、赵兰芬主编，王晓苍主审；下册由孙昭文、侯清寿主编，林钧齐主审。参加编写的有：丘成仿（1、15章部分）、杨惠兰（绪论、2、3、4章）、孙占木（5、6章）、赵兰芬（7、8章、附录3）、任孝天（9、10、11章）、叶时勇（12章、附录1）、梁泰安（13章）、孙昭文（14章）、林钧齐（附录2）、韩群生（15章）、陈经斗（16、18章）、杨俊行（17章）、侯清寿（19章）、于鸿仁（20章）。

本书在编写过程中，得到机械工业部标准化研究所的支持和帮助，标准部分由汪恺、强毅同志审阅。

由于我们的水平所限，误、漏、欠妥之处恳请读者指正。

编 者

1984年11月于天津大学

目 录

绪论	1
第一章 机械制图基本知识	7
§1-1 国家标准《机械制图》中的若干基本规定	7
§1-2 制图工具、仪器及其用法	16
§1-3 几何作图	21
§1-4 绘图的一般步骤	29
第二章 点	31
§2-1 点在两投影面体系中的投影	31
§2-2 点在三投影面体系中的投影	33
§2-3 两点的相对位置	36
第三章 直线	38
§3-1 直线的投影	38
§3-2 各种位置直线的投影	38
§3-3 一般位置线段的实长及其对投影面的倾角	41
§3-4 点与直线的从属关系	43
§3-5 两直线的相对位置	46
§3-6 直角投影定理	49
第四章 平面	52
§4-1 平面的投影表示法	52
§4-2 各种位置平面的投影	53
§4-3 属于平面的直线和点	56
§4-4 过已知直线或点作平面	59
§4-5 属于平面的特殊位置直线	60
第五章 直线与平面、平面与平面的相对位置	64
§5-1 平行位置	64
§5-2 相交位置	67
§5-3 垂直位置	73
§5-4 点、直线和平面的综合性问题	77
第六章 投影变换	83
§6-1 概述	83
§6-2 换面法	84
§6-3 旋转法	94
§6-4 应用投影变换解综合性问题举例	102
第七章 曲线曲面	108
§7-1 曲线	108

§7-2 曲面概述	111
§7-3 直纹曲面	112
§7-4 螺旋线及螺旋面	115
§7-5 曲纹曲面	120
第八章 立体	122
§8-1 平面立体	122
§8-2 回转体	125
§8-3 轴线倾斜的圆柱和圆锥的画法	130
§8-4 组合回转体	133
第九章 平面与立体表面相交	135
§9-1 利用积聚性法求截交线	135
§9-2 三面共点辅助面法求截交线	142
第十章 直线与立体表面相交	145
§10-1 利用积聚性法求贯穿点	145
§10-2 利用辅助面法求贯穿点	145
第十一章 两立体表面相交	148
§11-1 利用积聚性法求相贯线	149
§11-2 利用辅助平面法求相贯线	152
§11-3 利用辅助球面法求相贯线	155
§11-4 关于相贯线的讨论	157
§11-5 关于求相贯线的小结	159
第十二章 轴测图	164
§12-1 概述	164
§12-2 正等测图	166
§12-3 正二测图	174
§12-4 斜二测图	176
§12-5 轴测图的选择	178
第十三章 组合体	181
§13-1 组合体及其组合方式	181
§13-2 组合体的画图方法和步骤	182
§13-3 组合体的读图	185
§13-4 组合体的尺寸注法	193
附录一 立体表面的展开	200
§1 平面立体的表面展开	200
§2 可展曲面的表面展开	203
§3 不可展曲面的近似展开	207
附录二 图解计算法	213
附录三 亲似对应	224
§1 亲似对应的基本知识	224
§2 应用举例	228

绪 论

§1 本门课程的研究对象、学习目的和学习方法

“画法几何及机械制图”是一门研究图示图解空间几何问题和绘制与阅读机械工程图样的学科。

在工程技术上,为了正确地表示机器、仪器、设备等的形状、大小、规格和材料等内容,通常需要将物体按一定的投影方法和技术规定表示在图纸上,这称之为图样。随着生产和科学技术的发展,图样的作用显得越为重要。设计人员通过它表达自己的设计思想,制造人员根据它加工制造,使用人员利用它进行合理使用。因此,图样被认为是“工程界的语言”。它是设计、制造、使用机器过程中的一项主要技术资料,它是发展和交流科学技术的有力工具。所以,每个工程技术人员都必须熟练地掌握这门课程所介绍的基本理论、基本知识和基本技能,才能在社会主义建设事业中做出更多更大的贡献。

本门课程的研究对象是:

(1) 研究在平面上表示空间形体的图示法。将物体进行投影,并把它的形状,大小表达在图纸上的方法称为图示法。图示法为绘制和阅读机械图提供了理论基础。

(2) 研究空间几何问题的图解法。在图纸上,按投影规律通过几何作图来解决空间几何问题(如定位、度量、轨迹等)的方法称为图解法。

(3) 研究绘制和阅读机械图样的方法。学习本课程的主要目的就是培养学生具有绘图、读图和图解空间几何问题的能力,同时培养和发展学生的空间想象能力以及分析问题与解决问题的能力。

为了帮助学生学好本课程,现根据课程特点,提出下列学习方法,供学习中参考。

(1) 本课程是一门实践性很强的基础技术课。在学习中除了掌握理论知识外,还必须密切联系实际,更多地注意在具体作图时如何运用这些理论。只有通过一定数量的画图,读图练习,反复实践,才能掌握本课程的基本原理和基本方法。

(2) 在学习中必须经常注意空间几何关系的分析以及空间形体与其投影之间的相互联系。从“空间到平面,再从平面到空间”进行反复研究和思考,才是学好本课程的有效方法。也只有这样,才能不断提高和发发展空间想象能力以及分析问题与解决问题的能力。

(3) 认真听课,及时复习,独立地完成习题和作业,在弄懂和掌握基本理论和方法的同时,注意正确使用绘图仪器以及运用恰当的绘图方法进行画图,不断提高绘图技能和绘图速度。

(4) 画图时要确立对生产负责的观点,严格遵守机械制图国家标准中的有关规定,认真细致,一丝不苟。

只要刻苦学习,不断总结经验,就一定能学好这门课程。

§2 投影法的基本概念

一、投影法

1. 投影法

在图1中, 设平面 P 为投影面, 在投影面 P 外有一定点 S , 过定点 S 和空间点 A 连一直线, 并与投影面 P 相交于 a 点。点 a 称为空间点 A 在投影面 P 上的投影。定点 S 称为投影中心, 直线 SAa 称为射线或投影线。同样, 点 b 是空间点 B 在投影面 P 上的投影。

一组射线通过物体射向预定平面上得到图形的方法称为投影法。

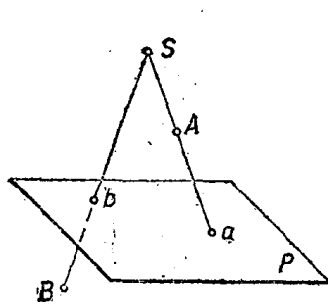


图1 投影

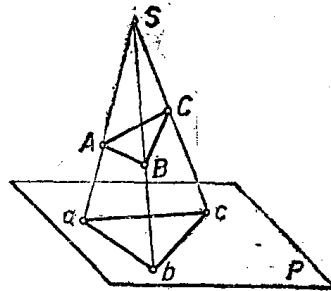


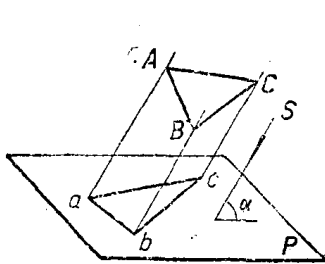
图2 中心投影法

2. 投影法分类

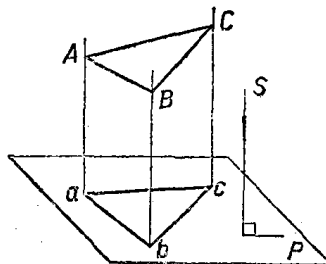
投影法一般分为中心投影法和平行投影法两类。

(1) 中心投影法, 如图2所示, 过投影中心 S 与三角形 ABC 各顶点连直线 SA 、 SB 、 SC , 延长 SA 与投影面 P 相交于 a 点。用同样的作图方法可得 b 、 c 两点。连结 a 、 b 、 c 三点, 所得 $\triangle abc$ 就是空间 $\triangle ABC$ 在投影面 P 上的投影。

在这种投影法中, 射线(投影线) SAa 、 SBb 、 SCc 相交于投影中心 S , 这种一组射线汇交于一点的投影法称为中心投影法。



(a) 斜投影



(b) 正投影

图3 平行投影法

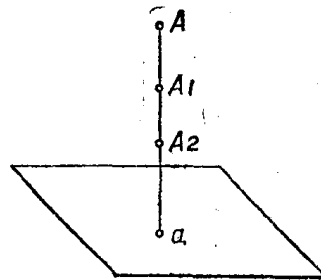


图4 点的一个投影不能确定其空间位置

(2) 平行投影法。当投影中心 S 移至无穷远处时, 射线(投影线)被视为互相平行, 如图3所示。这种一组射线互相平行的投影法称为平行投影法。

在平行投影法中, 给出投影面 P 和投影方向 S (不平行于 P) 以后, 空间的每一点在投影面上各有其唯一确定的投影。

当平行投影法的投影方向倾斜于投影面时, 称为斜投影。如图3(a)所示。

当平行投影法的投影方向垂直于投影面时，称为正投影。如图 3 (b) 所示。

无论对于中心投影法还是平行投影法，若只知空间点在一个投影面 P 上的投影不能确定该点在空间的位置，如图 4 所示。

二、平行投影法的投影特性

(1) 直线的投影一般仍是直线，特殊情况下投影积聚成一点。

如图 5 所示，经过直线 AB 上的所有点的射线（投影线）形成平面 $ABba$ ，此平面与投影面交于直线 ab 。直线 ab 就是空间直线 AB 在投影面 P 上的投影。所以一般情况下直线的投影仍然是直线。

在图 5 中，直线 CD 平行于投影方向，过 CD 上所有点的射线（投影线）都与 CD 重合，其投影 cd 积聚为一点。它是直线 CD 与投影面 P 的交点。这种投影性质称为积聚性。

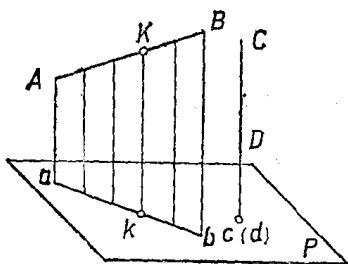


图 5 直线的投影

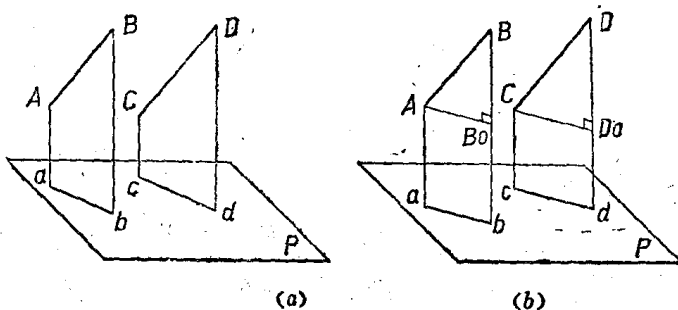


图 6 平行两直线的投影

(2) 空间点属于直线，则点的投影仍属于该直线的投影；直线上两线段之比，等于其投影之比。

如图 5 所示，空间点 K 属于直线 AB ，把 AB 分为 AK 和 KB 两线段，从梯形 $ABba$ 的两底 Aa 、 Bb 、和 Kk 互相平行的性质可知： $AK:KB = ak:kb$ 。

(3) 空间平行的两直线，其投影仍互相平行；两平行线段长度之比，等于其投影长度之比。

如图 6 (a)，已知 $AB \parallel CD$ ，因此平面 $AabB$ 与平面 $CcdD$ 平行，此两平行平面被投影面 P 所截，其两交线平行，即 $ab \parallel cd$ 。

如图 6 (b)，因 $AB \parallel CD$ ，则 $ab \parallel cd$ 。又由相似三角形的性质可得出： $AB:CD = ab:cd$ 。

(4) 平行于投影面的线段或平面图形，其投影反映该线段的实长或平面图形的实形。如图 7、图 8 所示。

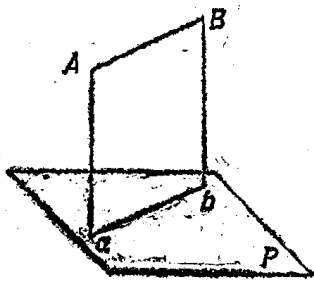


图 7 投影反映实长

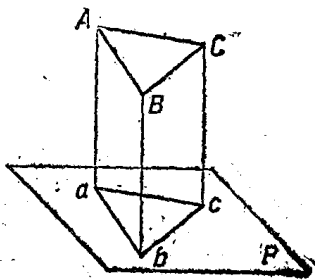


图 8 投影反映实形

§3 轴测投影图和正投影图

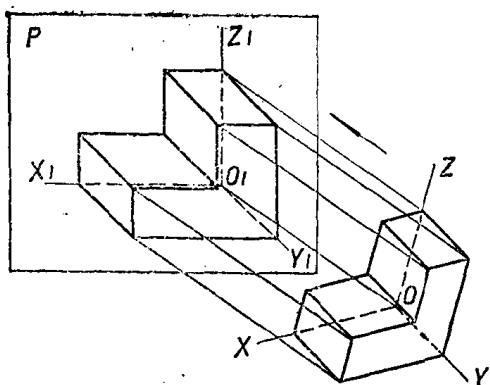


图 9 几何体的轴测投影图

工程上常用平行投影法绘制图样，本课程要讨论的是其中的轴测投影图和正投影图。

一、轴测投影图

按平行投影法（投影方向垂直或倾斜于投影面）将物体及其所在的 $O-XYZ$ 直角坐标系投影到单独一个投影面上，所得的投影图称为轴测投影图，简称轴测图。如图9为几何体的轴测投影图。

轴测投影图作图较繁，且度量性差，但由于它的直观性较好，容易看懂，所以在一些工程图样和书籍中有时也使用它。

二、正投影图

将物体按正投影法分别向两个或两个以上的互相垂直的投影面进行投影所得的投影图称为正投影图。根据物体的这些投影图便能确定该物体的空间位置和形状。如图10是几何体在三个互相垂直的投影面上投影所得的三面投影图。这种图的优点是图形易于反映物体的实际形状和大小，即度量性好，而且作图也比较简便。正因如此，所以在机械等工程上被广泛使用。这种图的缺点是直观性较差。

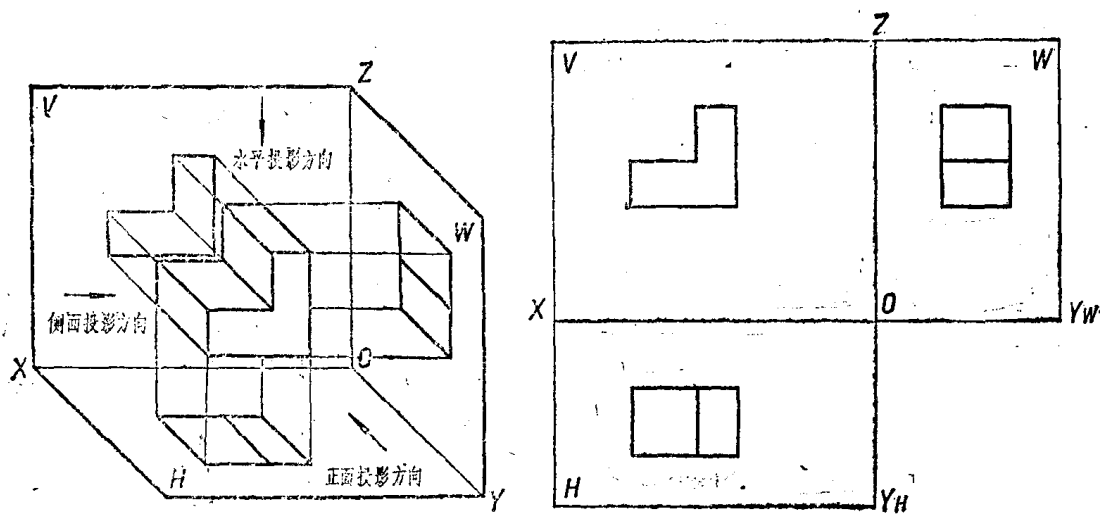


图 10 几何体的三面正投影图

图11和图12分别是机用虎钳的装配图与其中钳身的零件图。它们都是按正投影法绘制的，图上还按机械制图国家标准注出了有关尺寸和各项技术要求等。

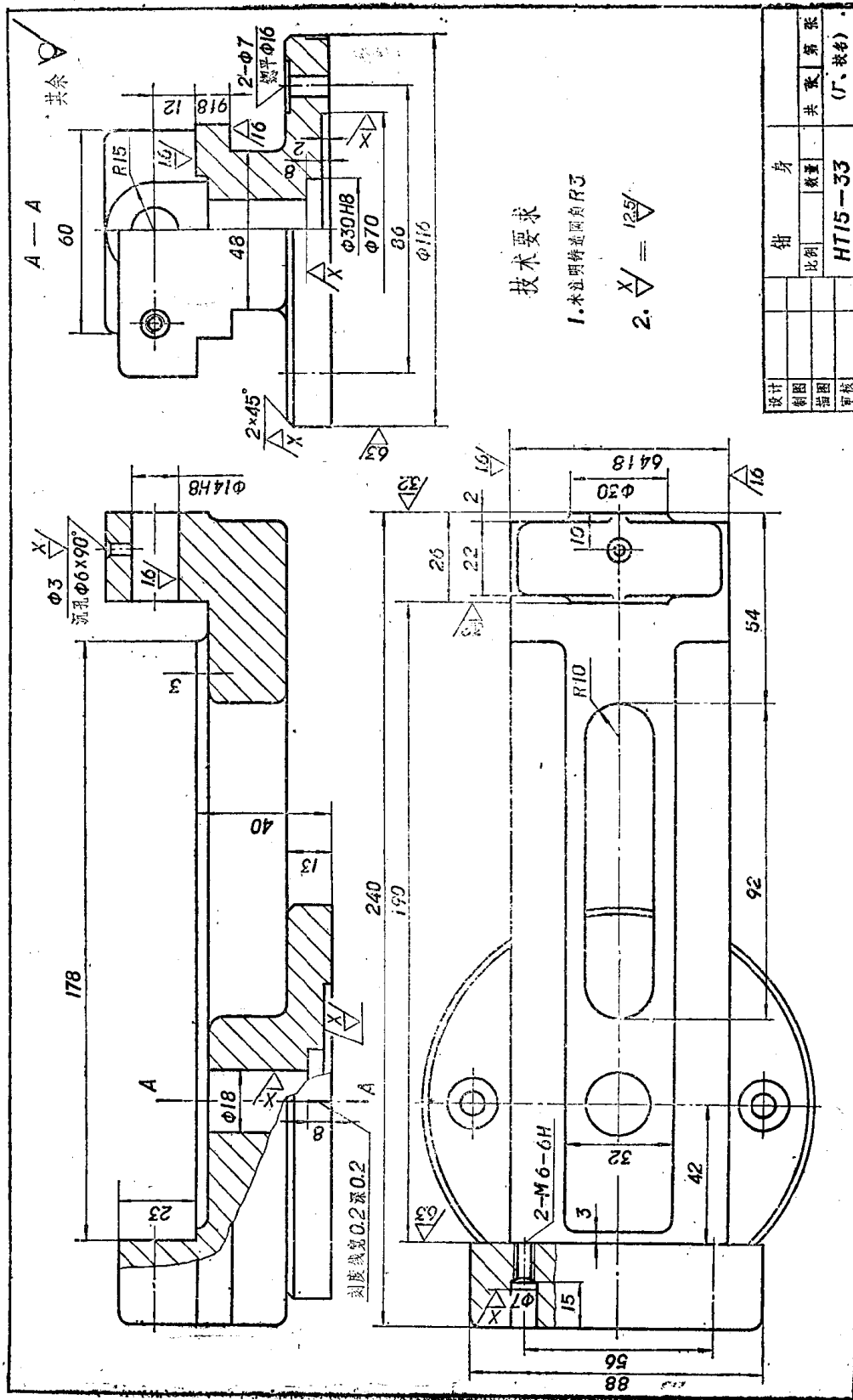


图 12 钳身零件工作图

第一章 机械制图基本知识

绘制图样质量的好坏直接影响到产品的质量和经济性。要达到完整、清晰、准确、快速地绘制机械图样，除应具有机械方面的基础知识和专业知识外，还必须具有耐心、一丝不苟的态度，严格遵守国家标准《机械制图》的各项规定，正确使用绘图仪器和工具，以及掌握并应用合理的绘图方法。

§ 1-1 国家标准《机械制图》中的若干基本规定

《机械制图》国家标准是我国基础技术标准之一，它起着统一工程界的共同“语言”的重要作用。为了准确无误地交流技术思想，绘图时必须严格遵守《机械制图》国家标准的有关规定。

一、图纸幅面及格式 (GB4457.1-84) *

(1) 绘图时，应优先采用表1-1中规定的基本幅面。

表 1-1 基本幅面尺寸 (mm)

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

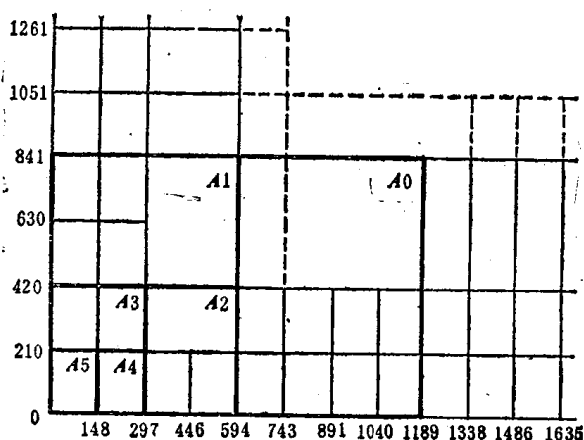


图 1-1 图幅及加长边

必要时可将表1-1中幅面的长边加长。对A0、A2、A4幅面的加长量应按A0幅面长边的八分之一的倍数增加；对A1、A3幅面的加长量应按A0幅面短边的四分之一的倍数增加，见图1-1中的细实线部分。对A0、A1幅面也允许同时加长两边，见图1-1中的虚线部分。

(2) 图框格式：

①需要装订的图样，其图框格式如图1-2所示，具体尺寸查表1-1。图纸一般采用A4幅面竖装或A3幅面横装。

②不留装订边的图样，其图框格式如图1-3所示，周边尺寸按表1-1中的规定选取。

③图框线用粗实线绘制。

④为了复制或缩微摄影的方便，可采用对中符号。该符号是从周边画入图框内约5mm

* 国家标准简称“国标”，代号“GB”。GB后的数字“4457.1”是标准的编号，“84”是标准颁布的年月。

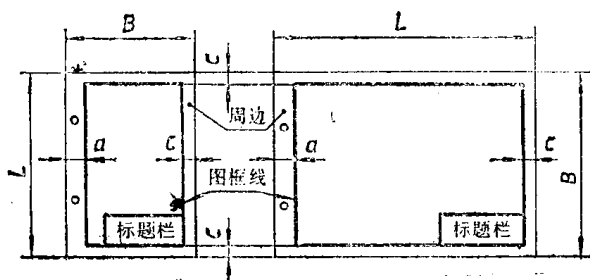


图 1-2 装订时的图框格式

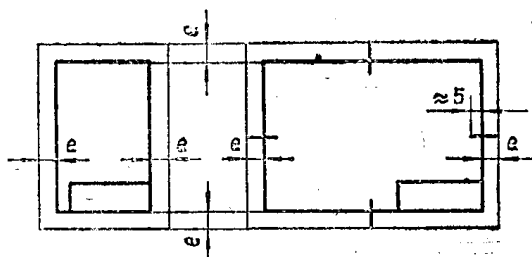


图 1-3 不装订时的图框格式

的一段粗实线，如图1-3所示。

(3) 标题栏及其方位：

①每张图必须有标题栏，其格式及尺寸尚无统一的国家标准。目前，机械工业部关于图样管理的文件中附有标题栏的格式，如需要可参照采用。学校制图作业中建议采用如图1-4的格式。作为装配图的标题栏时，应画出全部内容，但带括号的材料一栏不必填写，作为零件图的标题栏时，只需画出图1-4中的粗线框内的部分。

	10	20	35	10	25	
	序号	代号	零件名称	数量	材料	备注
设计			(图 名)	(图 号)		
制图			比例	数量	共 张	第 张
描图			(材 料)	天津大学		
审核						
	40	10		18	18	
	120					

图 1-4 学校作业中用标题栏格式

②无论图样装订与否，标题栏的方位一般应按图1-2所示的方式绘制。必要时也可按图1-5的方式绘制。标题栏中的文字方向为看图的方向。

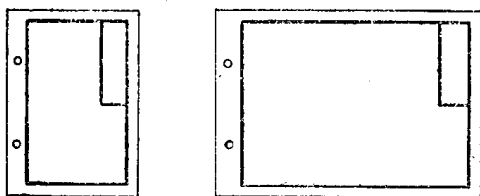


图 1-5 标题栏的另一种配置方式

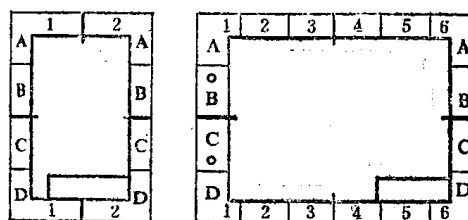


图 1-6 图幅分区

(4) 图幅分区

①必要时可按图1-6所示的方法将图幅分区。

②每边的图幅分区数应是偶数，具体数目依图样的复杂程度而定。分区线为细实线，每一分区的长度应在25~150mm之间选取。

③在分区内，沿标题栏的长边方向，从左至右用直体阿拉伯数字依次编号；沿标题栏的短边方向，自上而下用大写直体拉丁字母依次编号。编号顺序应从图纸的左上角开始，并应

在相对边重复注写，见图1-6所示。

④当需指明图幅的分区区域时，其代号应写成或读作阿拉伯数字在左，拉丁字母在右的形式，如3B，5C。

二、比例 (GB4457.2-84)

(1) 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称为比例。

(2) 绘图时，一般应采用表1-2中规定的比例。在选用比例时，最好选用原大比例，如1:1，以便于从图中看出实物的真实大小。由于物体的大小及其结构的复杂程度不同，画图时对大而简单的物体，宜采用缩小比例，如1:2；对小而复杂的物体，宜采用放大比例，如2:1。对同一物体的各个视图应采用相同的比例，并在标题栏“比例”一栏中填写所用的比例。当机件某部位上有较小或较复杂的结构需用不同比例绘制时，必须另行标注，如图1-7所示。

表 1-2 标准比例

与实物相同	1:1			
缩小比例	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	
放大比例	2:1	2.5:1	4:1	5:1
	(10×n):1			

注：n为正整数

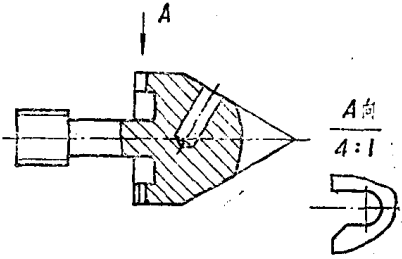


图 1-7 不同比例的标注

三、字体 (GB4457.3-84)

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，单位为毫米）分为20、14、10、7、5、3.5、2.5*七种。字体的宽度约等于字体高度的三分之二。字母及数字的笔划粗细，可选取字体高度的十分之一。各种字体的特点及示例如下：

1. 汉字

汉字应写成长仿宋体，并应采用国家正式公布的简化字。长仿宋字的特点是：横平竖直、注意起落、笔划匀称、填满字格。长仿宋字示例如下：

字体端正 笔划清楚 排列整齐 间隔均匀

图名图号零件名称材料数量规格备注制图校对日期技术要求

未注圆角螺栓柱钉母垫圈齿轮精度等级热处理淬火调质孔深

2. 拉丁字母及数字

字母及数字有直体、斜体之分。斜体字与水平线约倾斜75°，通常采用斜体书写。各种字母、数字的字形结构示例如下：

汉字不宜采用2.5号。

拉丁字母
大写斜体

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

拉丁字母
小写斜体

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

希腊字母

$\alpha \beta \gamma \delta \theta \lambda \mu \pi \sigma \eta \omega \xi \Delta \Phi$

阿拉伯数字

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

罗马数字

I II III IV V VI VII VIII IX X

3. 字体组合的应用示例

用作指数、分数、极限偏差、注脚等的字母及数字，一般采用小一号字体。

组合应用的示例如下：

$R3$ $2 \times 45^\circ$ $M12-6H$ 78 ± 0.1 $\phi 15_{-0.011}^0$

$\phi 50_{-0.027}^{+0.012}$ $45P6$ $45p6$ $\phi 20H8$ $10h7$

$\frac{II}{5:1}$ $90^\circ \frac{H7}{f6}$ $\frac{32}{\nabla} \perp$ $\frac{A \text{向旋转}}{2:1}$

四、图线及画法 (GB4457.4-84)

1. 图线型式及应用

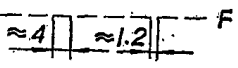
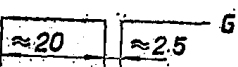
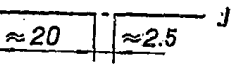
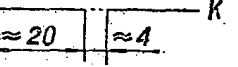
绘制图样时应采用表1-3中规定的图线。各种图线的名称、型式、代号、线的粗度及其应用见表1-3和图1-8~图1-11。

2. 图线的画法

(1) 图线分为粗细两种。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，常用的线宽为 0.5 、 0.7mm 。细线的宽度约为 $b/3$ 。同一图样中同类图线的宽度应基本一致。虚线、点划线及双点划线的线段长度和间隔应各自大致相等。

表 1-3

图线名称、型式、代号、线的宽度及其应用

名 称	型式及代号	线宽	一 般 应 用
粗 实 线	 A	b	A 1 可见轮廓线 A 2 可见过渡线
细 实 线	 B	约 b/3	B 1 尺寸线及尺寸界线 B 2 剖面线 B 3 重合剖面的轮廓线 B 4 螺纹的牙底线及齿轮的齿根线 B 5 引出线 B 6 分界线及范围线 B 7 弯折线 B 8 辅助线 B 9 不连续的同一表面的连线 B 10 成规律分布的相同要素的连线
波 浪 线	 C	约 b/3	C 1 断裂处的边界线 C 2 视图和剖视的分界线
双 折 线	 D	约 b/3	D 1 断裂处的边界线
虚 线	 F	约 b/3	F 1 不可见轮廓线 F 2 不可见过渡线
细点划线	 G	约 b/3	G 1 轴线 G 2 对称中心线 G 3 轨迹线 G 4 节圆及节线
粗点划线	 J	b	J 1 有特殊要求的线或表面的表示线
双点划线	 K	约 b/3	K 1 相邻辅助零件的轮廓线 K 2 极限位置的轮廓线 K 3 坯料的轮廓线或毛坯图中制成品的轮廓线 K 4 假想投影轮廓线 K 5 试验或工艺用结构（成品上不存在）的轮廓线 K 6 中断线

(2) 两条平行线（包括剖面线）之间的最小距离应不小于粗实线的两倍宽度，其最小距离不得小于0.7mm。

(3) 点划线和双点划线的首末端应是线段而不是短划。绘制圆的对称中心线时，圆心应为线段的交点。点划线一般应超出圆周2~5mm，如图1-12所示。当图形较小时，可用细实线代替点划线，如图1-14所示。

(4) 木材和圆柱体的断裂处可用波浪线表示，也可按图1-13、图1-14所示绘制。

(5) 当粗实线、虚线、点划线相互重叠时，应按粗实线、虚线、点划线的优先顺序画出。当虚线与粗实线或虚线相交时，应以短划相交，不留空隙。但当虚线是粗实线的延长线时，应留出空隙，如图1-15所示。

五、剖面符号 (GB4457.5-84)

在剖视和剖面图中，如需区分物体材料的类别，应按表1-4中所规定的剖面符号绘制。