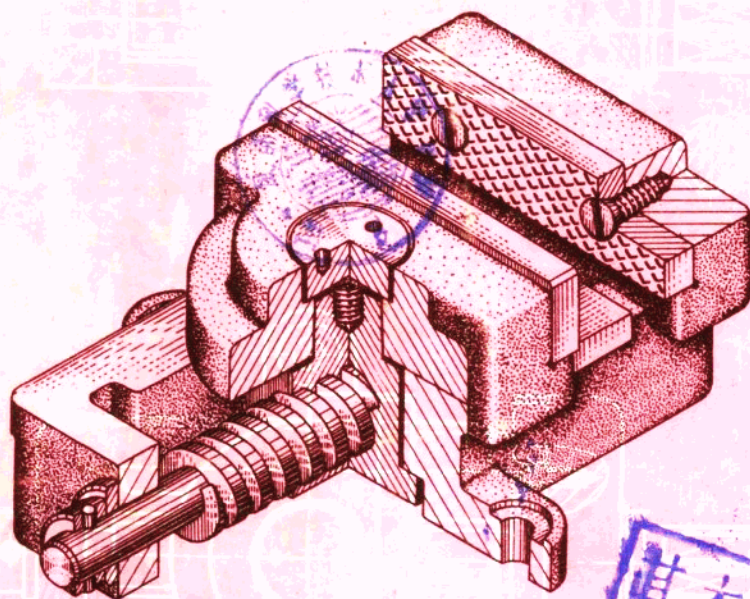


高等学校教材

工程制图

张春元 主编

ENGINEERING DRAWING



基本馆藏

中南工业大学出版社

绪 论

§ 0-1 本课程的任务、学习目的及方法

为了正确清晰地表示出机器、设备及厂房建筑物的结构形状、尺寸大小及生产上的技术要求，在工程中通常将物体按照一定的投影方法和技术规定将上述内容表达在图纸上，这就是工程图样。

在厂矿企业中，日益使用更多更新的技术装备，这些技术装备的设计、制造、安装、维修以及了解它们的构造，熟悉它们的性能，没有一样是可以离开工程图样的。工程图样已成为工程界重要的技术文件，它不仅是生产和施工的依据，也是人们交流技术思想的重要工具，因此它被喻为工程技术界的“语言”。

《工程制图》就是研究工程图样的图示原理、绘图和读图方法及有关标准、规范的课程。学习本课程的主要目的是培养学生具有绘制、阅读工程图的能力和空间想象能力。其主要任务是：

- (1) 学习正投影法的基本理论及其应用；
- (2) 培养绘制和阅读机械零件图和装配图的能力；
- (3) 培养空间几何问题的图解能力；
- (4) 培养空间想象能力和空间分析能力；
- (5) 使学生对计算机绘图和厂房建筑图有初步的了解。

本课程是一门实践性很强的课程。只有把理论与实践结合起来，多画多看，不断地由“物”画“图”，由“图”想“物”，分析“图”与“物”之间的对应关系，才能不断地提高绘图能力和读图能力。为使绘制的工程图样既正确又美观，学生在做作业时，必须严格遵守国家标准，注意正确使用绘图仪器，采用正确的作图方法和步骤，培养耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度。

§ 0-2 投影法的基本知识

一、投影法

1. 投影法

当灯光或日光照射物体时，在地面或墙上就会出现物体的影子，这就是日常生活中遇到的投影现象。投影法就是根据这一现象，经过科学的总结和抽象而创造出来的。

在图0-1中，把光源抽象为一点 S ，称为投影中心，光线称为投影线， H 平面称为投影面。过点 S 与 $\triangle ABC$ 的顶点 A 作投影线 SA ，其延长线与投影面 H 交于 a ，这个交点称为空间点 A 在投影面 H 上的投影。这种把空间几何要素投射到平面上的方法叫影投法。

2. 投影法分类

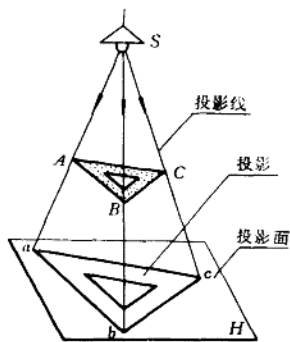


图0-1 中心投影法

投影法分为两类：

(1) 中心投影法 如图0-1所示，过投影中心 S 与 $\triangle ABC$ 各顶点连直线 SA 、 SB 、 SC ，其延长线与投影面 H 交于 a 、 b 、 c ，连结 a 、 b 、 c 三点，所得 $\triangle abc$ 就是空间 $\triangle ABC$ 在投影面 H 上的投影。这种投影线都从投影中心出发的投影法称为**中心投影法**。所得的投影称为**中心投影**。用中心投影法能绘制出立体感很强的透视图，故常用来绘制建筑物的外观图。

(2) 平行投影法 若将投影中心 S 移至无限远处，则所有的投影线被视为互相平行，这种投影线都互相平行的投影法称为**平行投影法**，所得的投影称为**平行投影**（图0-2）。

按投影线与投影面是否垂直，平行投影法又分为两种：

(a) 斜投影法——投影线与投影面倾斜（图0-2,a）；

(b) 正投影法——投影线与投影面垂直（图0-2,b）。

机械图主要是用正投影法绘制的。为了简便，今后将“正投影”简称“投影”。

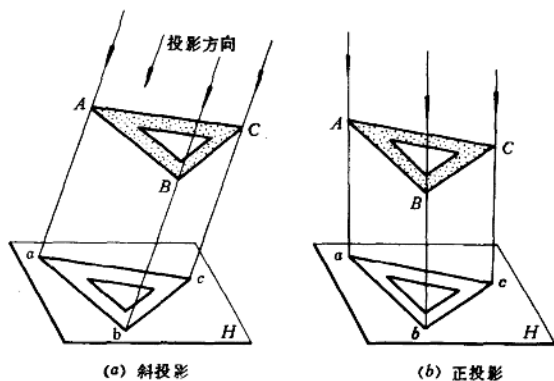


图0-2 平行投影法

二、正投影的基本特性

以三角板为例（忽略其厚度），分析正投影的基本特性。

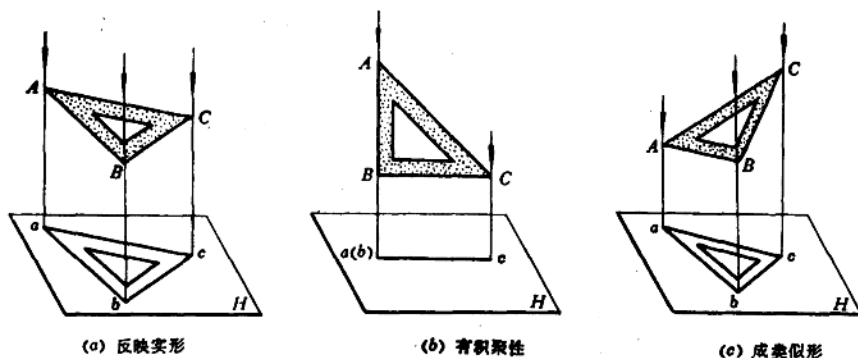


图0-3 正投影的基本特性

当三角板平行投影面（即 $\triangle ABC \parallel H$ 面）时，三角板在投影面上的投影与三角板的形状、大小完全相同，如图0-3,a所示，这种特性叫**反映实形**。

当三角板垂直投影面（即 $\triangle ABC \perp H$ 面）时，三角板在投影面上的投影变为一条线，如图0-3,b所示，这种特性叫有**积聚性**。

当三角板倾斜投影面时，三角板在投影面上的投影仍为三角形，但尺寸变小了，如图0-3,c所示,这种特性叫**成类似形**。

三角板的三边是三条线段（线段在本书中统称为直线）。直线相对于投影面的位置也有平行、垂直及倾斜三种。现以图0-3,b为例说明各种位置直线的投影特性：

BC 边平行于投影面，其投影的长度 bc 与实长 BC 相等，这个特性叫**反映实长**。

AB 边垂直于投影面，其投影变为一个点，这个特性叫**有积聚性**。

AC 边倾斜于投影面，其投影仍为线段，但比实长 AC 短，这个特性叫**成类似形**。

由于正投影图有“反映实形（或实长）”，“有积聚性”两个特点，所以它不仅能表达物体的形状和大小，而且还具有绘制简便的优点；“类似形”这一特性将给读图带来好处。

§ 0-3 正投影图和轴测投影图

工程界利用平行投影法绘制的图样主要有两类：轴测投影图和正投影图。

一、轴测投影图

利用平行投影法，把物体向单一的投影面上投影时，如果所得的投影同时反映物体长、宽、高三个方向的形状，这种投影图称为**轴测投影图**，简称**轴测图**（图0-4）。

轴测图虽然能同时反映物体三个方向的形状，但不能同时反映各表面的真实形状和大小，所以度量性差，加上绘制不便，故只适用于表达物体的立体形象，作为正投影图的辅助图样。

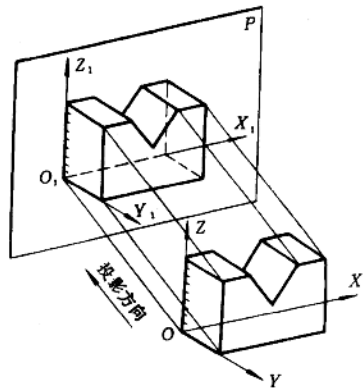


图0-4 轴测投影图

二、正投影图

用正投影法绘制的图形称为**正投影图**（如图0-5）。画图时，应使物体的主要平面处于

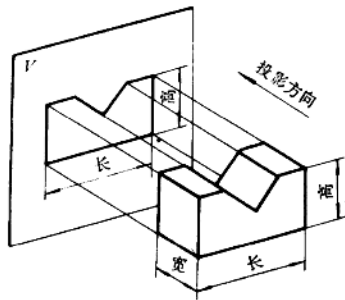


图0-5 正投影图的形成

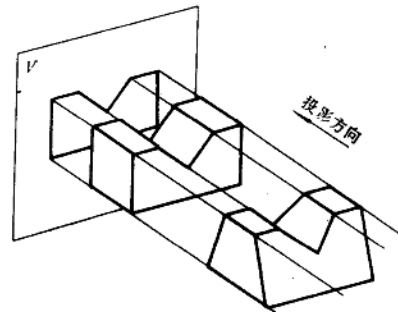


图0-6 一个投影不能确定空间物体的形状

平行或垂直于投影面的位置，以便于画图和表达物体的形状。如将 V 形块底面水平放置，前面平行于投影面，就能反映 V 形槽的实形。底面、顶面、侧面垂直于投影面，投影积聚成直线，画图较简便。但图0-5中的正投影图只能反映物体的长和高，不能反映物体的宽。又如

图0-6所示，一个长方体 V 形块和另一个梯形 V 形块，在投影面 V 上得到形状完全相同的投影。因此，只根据物体的一个投影，不能确定空间物体的形状，还须从其它方向对物体进行投影。

工程上常用物体在三个互相垂直的投影面上的投影来反映物体的形状和大小。这三个互相垂直的投影面为：水平面（ H ）、正面（ V ）、侧面（ W ），如图0-7,a所示。投影面之间的交线称为投影轴， H 、 V 面交线为 X 轴， H 、 W 面交线为 Y 轴， V 、 W 面交线为 Z 轴。三轴交于一点 O ，称为投影原点。

把物体放在三个投影面之间（即置于三面体系中），如图0-7,a所示，用正投影法从物体的前方、上方、左方分别向各投影面进行投影。这样，在三个投影面上，便得到三个正投影图。

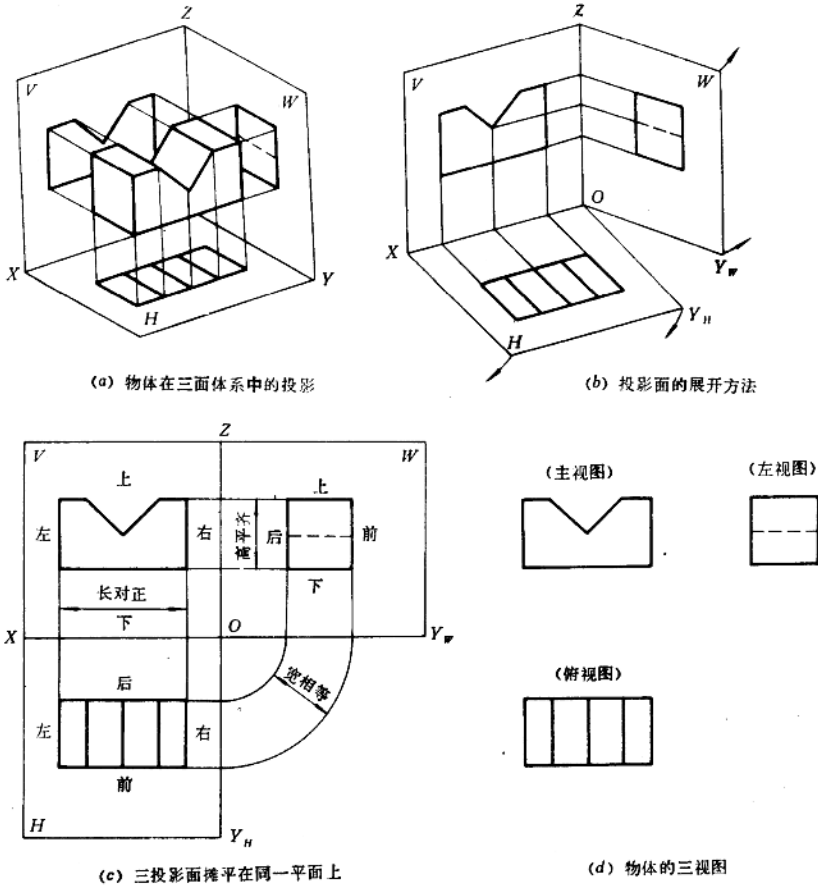


图0-7 三视图的形成

实际绘图时，通常以人的视线代替投影光线，正对着物体观察，因而物体的正投影图也称视图。

从前向后投影，物体在正面 V 上的投影称为主视图；
 从上向下投影，物体在水平面 H 上的投影称为俯视图；
 从左向右投影，物体在侧面 W 上的投影称为左视图。
 主视图、俯视图及左视图，通常简称为三面视图或三视图。

为了将三个视图画在同一平面上，规定按图0-7,b所示方法展开：取走空间物体，将H面与W面沿Y轴分开，然后使H面连同俯视图绕X轴向下旋转90°，W面连同左视图绕Z轴向右旋转90°，使它们和正面摊成一个平面。

展开后的三视图如图0-7,c所示：俯视图在主视图的下方；左视图在主视图的右方。通常在图上不注出视图的名称，也不画出投影面的边框，如图0-7,d所示。

任何一个物体都有长、宽、高三个方向的尺寸，通常规定物体左右方向（X方向）的尺寸称为长；前后方向（Y方向）的尺寸称为宽；上下方向（Z方向）的尺寸称为高。从三视图的形成过程可知：主视图反映物体的长和高；俯视图反映物体的长和宽；左视图则反映物体的宽和高。由于物体在三面体系中进行投影时，其位置不动，所以三视图间有这样的投影规律：

主、俯视图长对正；
主、左视图高平齐；
俯、左视图宽相等。

“长对正，高平齐，宽相等”是绘图和读图必须遵循的规律。它不仅适用于整个物体的投影，也适用于物体上每个局部的投影。

综上，正投影图不但能反映物体的真实形状，而且绘制方便，故应用最广。其缺点是立体感差，读图时须几个视图联系起来一道看，才能想出该物体的形状。

【例0-1】 画出图0-8,a所示物体的三视图。

解：这个物体是在直角弯板右端开槽，左端切角后形成的。画图时，按主视方向用细实线先画出直角弯板的三视图(图0-8,b)，然后画切角和方槽的投影(图0-8,c)。为便于作图，应先画反映形状特征的投影(如先画切角的水平投影和先画方槽的侧面投影)，而后按投影关系画其它投影。当全部底稿画完并经检查无误后，再把三视图加深(图0-8,d)。

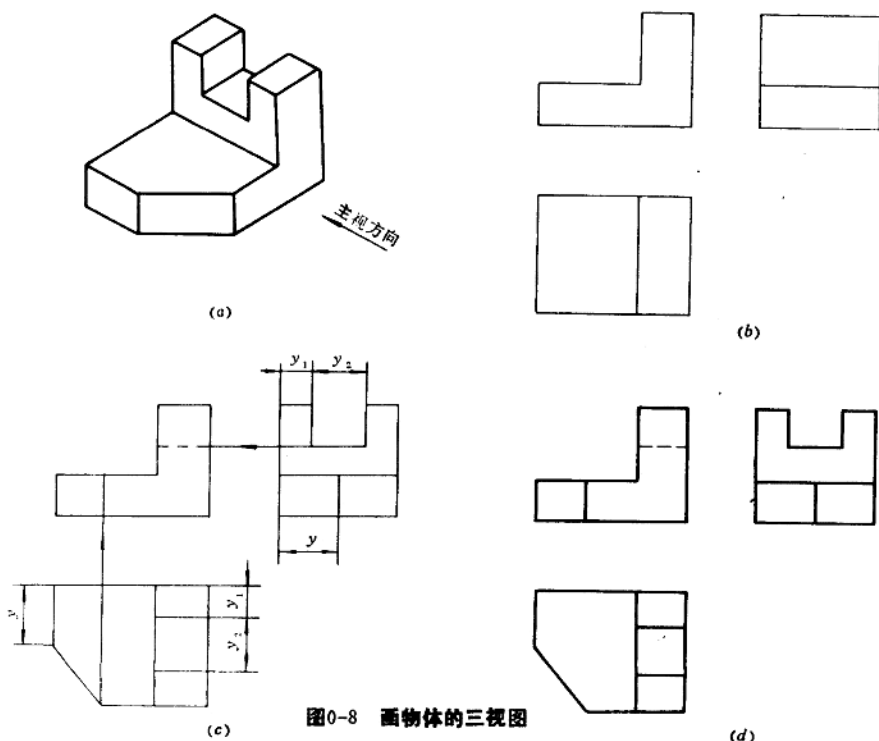


图0-8 画物体的三视图

目 录

绪论	(1)
第一章 制图基本知识和技能	
§ 1-1 国家标准《机械制图》的部分规定	(1)
§ 1-2 绘图工具、仪器及其使用方法	(11)
§ 1-3 几何作图	(14)
§ 1-4 绘图的一般方法	(22)
第二章 点、直线和平面的投影	
§ 2-1 点的投影	(24)
§ 2-2 直线的投影	(28)
§ 2-3 两直线的相对位置	(33)
§ 2-4 平面的投影	(36)
§ 2-5 平面上的直线和点	(40)
§ 2-6 直线与平面、平面与平面的相对位置	(43)
第三章 投影变换	
§ 3-1 投影变换的目的和方法	(46)
§ 3-2 换面法	(47)
§ 3-3 换面法的应用	(52)
§ 3-4 旋转法	(56)
第四章 基本立体的视图	
§ 4-1 平面立体的视图	(59)
§ 4-2 曲面立体的视图	(61)
第五章 立体表面的交线	
§ 5-1 截交线	(67)
§ 5-2 相贯线	(73)
第六章 组合体的视图	
§ 6-1 组合体的形体分析	(81)
§ 6-2 组合体视图的画法	(83)
§ 6-3 组合体的尺寸标注	(86)
§ 6-4 组合体视图的看图方法	(89)
第七章 轴测图	
§ 7-1 基本知识	(95)
§ 7-2 正等轴测图	(96)
§ 7-3 斜二等轴测图	(103)
§ 7-4 轴测剖视图的画法	(104)
第八章 机件的表达方法	
§ 8-1 视图	(106)

§ 8-2	剖视图	(108)
§ 8-3	剖面	(117)
§ 8-4	其它表达方法	(120)
§ 8-5	视图、剖视、剖面应用举例	(122)
§ 8-6	第三角画法简介	(123)
第九章 标准件和常用件		
§ 9-1	螺纹及螺纹连接件	(125)
§ 9-2	键、销连接	(134)
§ 9-3	滚动轴承	(138)
§ 9-4	齿轮	(139)
§ 9-5	弹簧	(146)
第十章 零件图		
§ 10-1	概述	(149)
§ 10-2	零件的视图选择	(152)
§ 10-3	零件图的尺寸标注	(157)
§ 10-4	零件表面的粗糙度	(162)
§ 10-5	公差与配合	(167)
§ 10-6	零件结构的工艺性	(173)
§ 10-7	看零件图	(176)
第十一章 装配图		
§ 11-1	装配图的内容	(179)
§ 11-2	部件的表达方法	(179)
§ 11-3	装配图的尺寸标注、序号和明细表	(182)
§ 11-4	零件结构的装配工艺性	(184)
§ 11-5	部件测绘和装配图画法	(185)
§ 11-6	看装配图和由装配图拆画零件图	(192)
第十二章 展开图		
§ 12-1	圆管制件的展开	(198)
§ 12-2	锥管制件的展开	(201)
第十三章 计算机绘图简介		
§ 13-1	概述	(205)
§ 13-2	计算机绘图系统	(205)
§ 13-3	基本图形编程	(208)
第十四章 厂房建筑图简介		
§ 14-1	厂房建筑图的图示特点和表达方法	(213)
§ 14-2	厂房建筑图图例	(215)
§ 14-3	看厂房建筑图	(217)
附录		(222)

第一章 制图基本知识和技能

§ 1-1 国家标准《机械制图》的部分规定

为了便于用图样来指导生产和技术交流，国家标准《机械制图》对图样的画法、尺寸注法、图线等都作了统一的规定，绘图时必须严格遵守。

一、图纸幅面和标题栏 (GB4457.1-84)*

1. 图纸幅面及格式

绘图时，应优先采用表1-1中规定的幅面尺寸。必要时可将规定尺寸加长（图1-1）。

表1-1 图 纸 幅 面 尺 寸 (单位: mm)

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		

* “GB” 是国家标准的代号，读作“国际”；“4457”为标准的编号；“84”表示1984年颁布的。

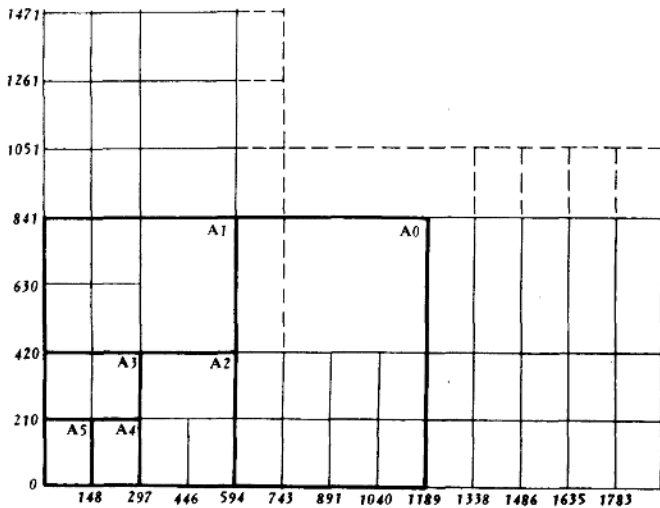


图1-1 图纸幅面加长

无论图样是否装订，均应用粗实线画出图框线，图框格式如图1-2所示。

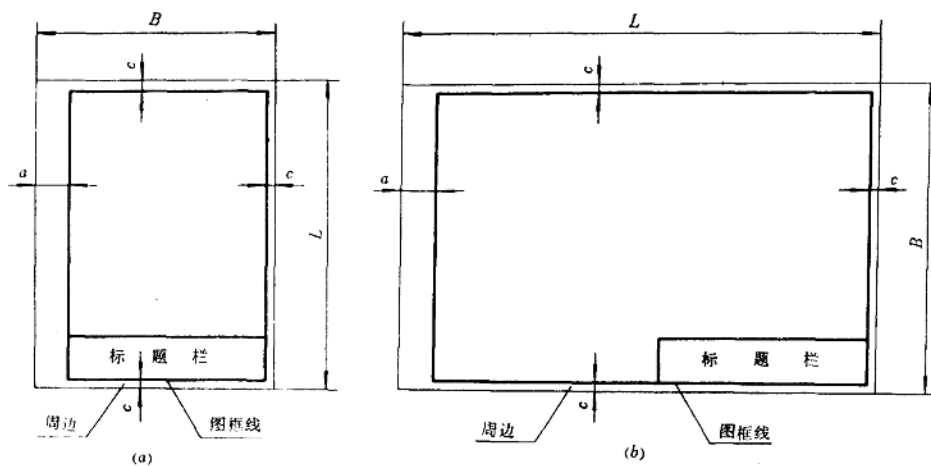


图1-2 需要装订的图框格式

2. 标题栏

每张图样的右下角均应画出标题栏。标题栏应按图1-2所示的方式配置。必要时也可按图1-3的方式配置。标题栏中的文字方向为看图的方向。在制图作业中建议采用图1-4的格式。

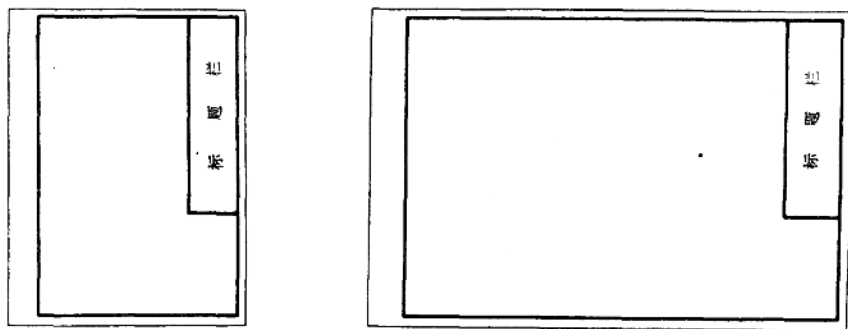


图1-3 标题栏位置

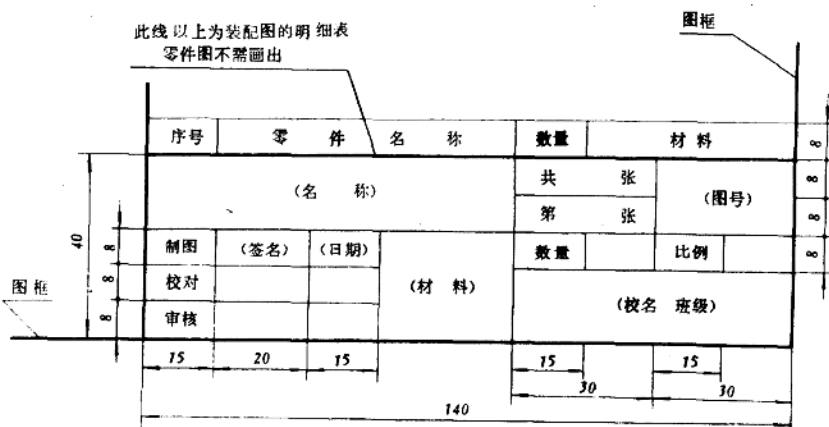


图1-4 标题栏格式及尺寸

二、比例 (GB4457.2-84)

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。画图时，应

表1-2 绘图的比例

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

尽量用1:1的比例画图，以便从图样上得到机件的真实大小。当机件太小或太大则采用放大或缩小的比例画图，所用比例应符合表1-2中的规定。不论放大或缩小，在标注尺寸时必须注机件的实际尺寸。图1-5表示同一机件采用不同比例所画出的图形。

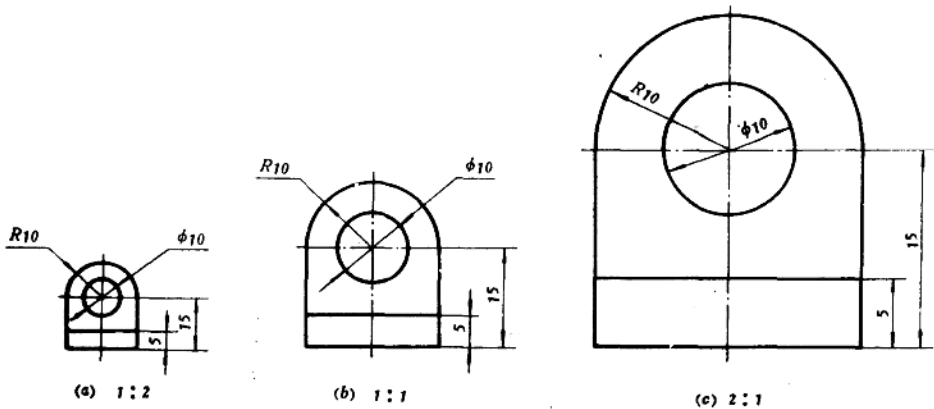


图1-5 用不同比例画出的零件图形

图形所用比例，应填写在标题栏的“比例”栏中，如1:1。同一张图内，若某个图形所用比例与标题栏内比例不符时，应在该图上方注明（图1-6）。

三、字体 (GB4457.3-84)

图样中书写的汉字、数字、字母必须做到“字体端正、笔划清楚、排列整齐、间隔均匀”（图1-7）。

1. 汉字 汉字应写成长仿宋体，采用国家正式公布推行的简化字。长仿宋字的基本笔画如图1-8所示。

字体的号数，即字体的高度（单位为mm），分为20、14、10、7、5、3.5、2.5七种号数（汉字字高不宜采用2.5号）。

字体的宽度约等于字体高度的2/3。数字及字母的笔划宽度约为字体高度的1/10。

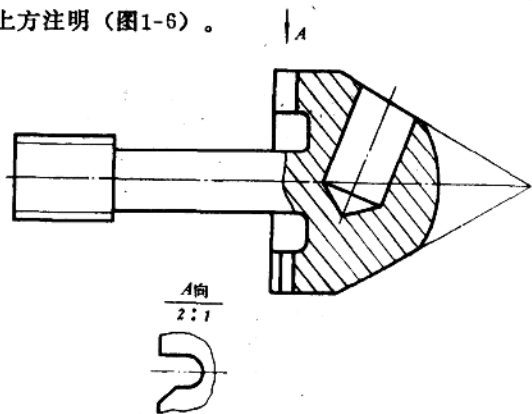


图1-6 采用不同比例的视图应加标注

2. 数字和字母 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°角。

字体端正 笔划清楚 排列整齐 间隔均匀

装配时作斜度深沉最大小球厚直网纹均布水平镀铬抛光研视图

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、数字、字母及其组合示例

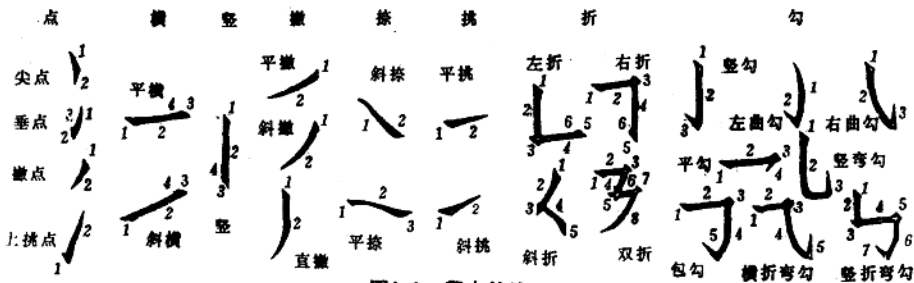










图1-8 基本笔法

四、图线及其画法 (GB4457.4-84)

1. 图线型式及应用 绘图时,应采用表1-3中规定的图线。图线的应用实例,如图1-9所示。

表1-3 图线的型式和主要用途

图线名称	型式及代号	图线宽度	应用
粗实线	 A	b	可见轮廓线、可见过渡线
细实线	 B	约 $b/3$	尺寸线、尺寸界线、剖面线、引出线
波浪线	 C	约 $b/3$	断裂边界线、视图和剖视图的分界线
双折线	 D	约 $b/3$	断裂处的边界线
虚线	 E	约 $b/3$	不可见轮廓线、不可见过渡线
细点划线	 G	约 $b/3$	轴线、对称中心线
粗点划线	 J	b	有特殊要求的线或表面的表示线
双点划线	 K	约 $b/3$	相邻零件的轮廓线、极限位置的轮廓线中折断线、假想投影轮廓线

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,细线的宽度约为 $b/3$ 。

图线宽度的推荐系列为: $0.18, 0.25, 0.35, 0.5, 0.7, 1, 1.4, 2\text{mm}$ 。

2. 图线画法 (图1-11)

(1) 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。建议在图1-10所列范围内选取。

(2) 绘制圆的对称中心线时,圆心应为线段的交点。点划线和双点划线的首末两端应是线段,而不是短划,且超出圆弧轮廓线外约 $2\sim 5\text{mm}$ 。

(3) 在较小的图形上,绘制点划线或双点划线有困难时,可用细实线代替,如图1-11, a所示的小圆中心线。

(4) 虚线处在粗实线延长线上时,粗实线应画到分界点,而虚线应留有空隙。

(5) 点划线、虚线和其它图线相交时,应在线段处相交,不应在空隙处相交。

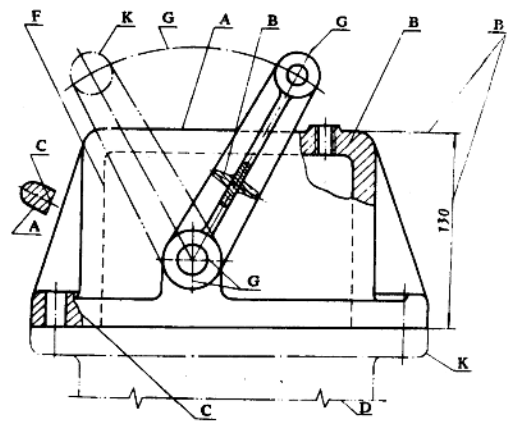


图1-9 图线示例

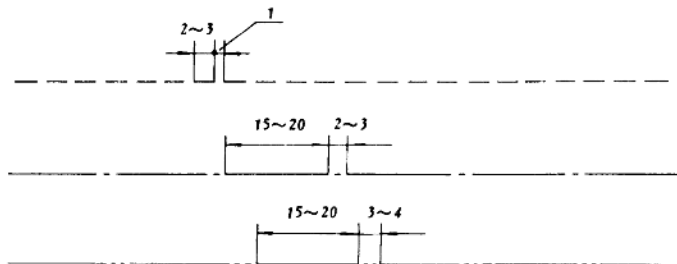


图1-10 虚线、点划线、双点划线的画法

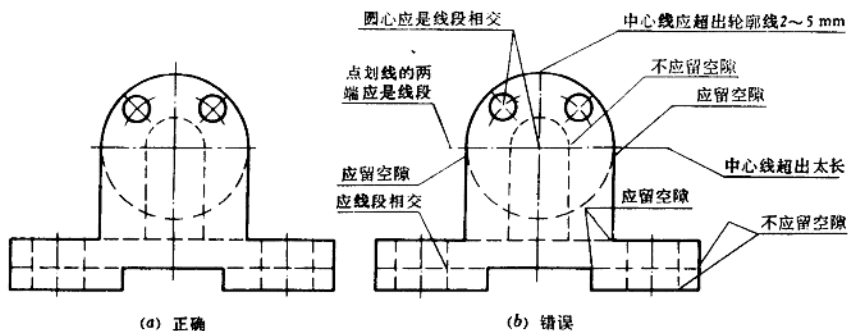


图1-11 线段在相交、相切处的画法

五、剖面符号 (CB4457.5-84)

在剖视和剖面图中，应采用表1-4所规定的剖面符号。

表1-4 剖面符号

金属材料 (已有规定剖面符号者除外)		线圈绕组元件		混凝土	
非金属材料 (已有规定剖面符号者除外)		转子、电枢、变压器和电抗器的迭钢片		钢筋混凝土	
玻璃及其他透明材料		胶合板 (不分层数)		格网 (筛网、过滤网等)	
木	纵剖面 	型砂、填砂、砂轮、陶瓷及硬质合金、粉末冶金		砖	
材	横剖面 	液体		基础周围泥土	

六、尺寸注法 (GB4458.4-84)

图形只能表达机件的形状，其大小则必须通过标注尺寸来确定。标注尺寸极为重要，必须认真细致。

1. 基本规则

(1) 机件的真实大小应以图样上所注的尺寸数值为依据，与图形的大小及绘图的准确

度无关，如图1-5所示。

(2) 图样中(包括技术要求和其它说明)的尺寸，以毫米为单位时，不需标注计量单位的代号或名称，否则必须注明。

(3) 图样中所标注的尺寸，为该图样所示机件的最后完工尺寸，否则应另加说明。

(4) 机件的每一尺寸，一般只标注一次，并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

2. 尺寸的组成和注法示例 (表1-5)

表1-5 尺寸的组成和注法示例

项目	图 例	说 明
尺寸组成		<p>一个完整的尺寸，一般应由尺寸界线、尺寸线、尺寸数字和箭头(或斜线)组成。</p>
尺寸界线		<p>尺寸界线用细实线绘制，并由图形的轮廓线、轴线、或对称中心线处引出，亦可利用轮廓线、轴线或对称中心线作尺寸界线。</p> <p>尺寸界线一般应与尺寸线垂直，必要时才允许倾斜。在光滑过渡处标注尺寸时，必须用细实线将轮廓线延长，从它们的交点处引出尺寸界线。</p> <p>尺寸界线应超出尺寸线的终端2mm左右。</p>
尺寸		<p>尺寸线用细实线绘制，不能用其它图线代替(图a)。也不得与其他图线重合或画在其延长线上(图b)。</p>

项目	图 例	说 明
线	<p>(a) 正确</p> <p>(b) 错误</p>	<p>标注线性尺寸时尺寸线必须与标注的线段平行。当有几条互相平行的尺寸线时，大尺寸要注在小尺寸的外面(图 a)，以免尺寸线与尺寸界线相交(图 b)。</p>
箭头与斜线	<p>(a) 箭头</p> <p>(b) 斜线</p>	<p>尺寸线的终端有两种形式： 箭头：如图 (a) 所示。适用于各种类型的图样。 斜线：如图 (b) 所示。适用于厂房建筑图。</p>
尺寸数字	<p>(a)</p> <p>(b)</p> <p>(c)</p>	<p>线性尺寸的数字一般填写在尺寸线的中上方或中断处。</p> <p>线性尺寸数字的方向一般应按图 (a) 所示方向注写，并尽可能避免在图示 30° 范围内标注尺寸，当无法避免时也可按图 (b) 的形式标注。</p> <p>尺寸数字不可被任何图线所通过，否则必须将该图线断开。</p>

项目	图 例	说 明
圆、圆弧和球面		<p>圆和大于半圆的圆弧应标注直径尺寸，并在尺寸数字前加注符号“ϕ”；等于或小于半圆的圆弧应标注半径尺寸，并在尺寸数字前加注符号“R”。尺寸线或其延长线一般应通过圆心，如图（a）、（b）、（c）、（d）所示。</p> <p>当圆弧半径过大或在图纸范围内无法标出其圆心位置，可按图（e）形式标注；若不需要标出其圆心位置时，可按图（f）形式标注。</p> <p>标注球面的直径或半径时，应在符号“ϕ”或“R”前面加注球面代号“S”。</p> <p>对于螺钉、铆钉的头部，轴、手柄（包括螺杆）的端部等，在不致引起误解的情况下，可省略“S”。</p>
	小尺寸	