

JIXIE GONGCHENG ZONGHE SHIXI ZHIDAO SHU

# 机械工程 综合实习指导书

主 编 吴 兵

副主编 喻丽华



重庆大学出版社

## 内容提要

本书是为了满足新工科背景下高校机械工程类实践教学需要而编写的指导用书。本书共7章,包括机械识图基础、机械创新设计、机械零件常用成形技术、零件机械加工基础、零件测量基础、零件装配基础、机械检验与检测基础。

本书可作为高等院校机械类专业教材使用,也可供高职高专和成人高校相关专业教学使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械工程综合实习指导书 / 吴兵主编. -- 重庆 :  
重庆大学出版社, 2020.7

新工科系列. 公共课教材  
ISBN 978-7-5689-1789-6

I. ①机… II. ①吴… III. ①机械工程—高等学校—  
教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 181955 号

## 机械工程综合实习指导书

主 编 吴 兵

副主编 喻丽华

策划编辑:范 琪

责任编辑:姜 凤 版式设计:范 琪

责任校对:刘志刚 责任印制:张 策

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:饶帮华

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆共创印务有限公司印刷

\*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:12.25 字数:293千

2020年7月第1版 2020年7月第1次印刷

ISBN 978-7-5689-1789-6 定价:39.80元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换  
版权所有,请勿擅自翻印和用本书  
制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 前言

实践教学在机械工程各专业培养计划中占据非常重要的地位,机械基础及专业实验教学是开展机械类专业各门课程教学的最基本要求,这两者既有一定的区别,又有紧密的联系。

本书根据机械工程类专业对实践教学的要求,结合机械工程综合实习的特点,以机械基础及专业实验为基础,将机械工程相关理论教学的课带实验与综合实践训练联系起来,整合为一门单独开设的综合实践教学课程,结合具有代表性的机械零件设计图形绘制、制造、测量及检测过程,将分散的实验课程融合在一起,通过完整的实习实现多门课程的有机融合,形成系统学习各门独立理论课程的枢纽。

本书的实践教学内容贯穿学生四年本科学习过程,根据培养计划的不同,各教学单位可将本书作为一本单独的实践教学指导书使用,也可以抽取其中的一门或多门实验作为某一门理论课程的实验指导书使用。全书依据机械设备或装置的生产流程设置教学顺序,从机械零件设计、成形制造、机械加工、零件测量检验、零部件装配制作,到机构及零部件的检测,形成一个完整的生产链,给学生一个完整的学习过程。本书第1章结合具体的机械零件,将零件测绘实践内容与制图教学内容结合在一起,作为一项机械基础实践技能要求学生掌握;第2章主要以机械原理、机械设计为基础,指导学生开展机械创新中相关机构方面的训练;第3章主要介绍机械零件的各类成形基础知识及实践方法;第4章围绕各类常见的机械零件加工方法,介绍了各类加工设备的特点及加工方法的应用,并提供从设备认识到操作的多方位训练;第5章主要介绍针对已加工完成的机械零件如何开展相关测量;第6章介绍如何将合格的零部件进行装配制作;第7章介绍如何对各部件及关键零部件进行相关测试。

本书由具有丰富实践教学经验的教师编写,在编写过程中,保证了基本概念和术语的准确,并力求做到通俗易懂,着重突出实验操作的可行性。

本书由贵州大学机械工程学院的吴兵担任主编,喻丽华担任副主编,参与编写的有潘年榕、聂尧、袁奎、刘西霞。全书共7章,第1章由刘西霞编写,第2章由潘年榕编写,第3章、第4章由吴兵编写,第5章由喻丽华编写,第6章由聂尧编写,第7章由袁奎编写。全书由吴兵统稿和主审。

限于编者水平,书中难免存在不妥与疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2020年3月

# 目 录

第 1 章 机械识图基础 .....	1
1.1 机械识图基本知识 .....	1
1.2 投影与视图 .....	8
1.3 零件的剖视图与断面图 .....	12
1.4 零件图的识读 .....	17
1.5 装配图的识读 .....	28
1.6 零部件测绘实验 .....	31
第 2 章 机构创新设计 .....	35
2.1 机械及机构的基本知识 .....	35
2.2 机构创新设计 .....	37
2.3 机构创新设计实验项目 .....	47
第 3 章 机械零件常用成形技术 .....	49
3.1 铸造成形 .....	49
3.2 金属塑性成形加工 .....	55
3.3 焊接成形技术 .....	57
3.4 塑料成形工艺 .....	59
3.5 快速成形技术 .....	65
3.6 典型零件的材料成形及控制技术实验 .....	69
第 4 章 零件机械加工基础 .....	73
4.1 传统金属切削加工 .....	73
4.2 数控加工及特种加工技术 .....	87
4.3 零件机械加工实验 .....	99
第 5 章 零件测量基础 .....	107
5.1 测量的认识 .....	107
5.2 测量器具 .....	109
5.3 常用量具概述 .....	112
5.4 机械零件典型几何量的测量 .....	116

5.5	连杆的测量	122
5.6	测量技术实验项目	125
<b>第 6 章</b>	<b>零件装配基础</b>	<b>140</b>
6.1	概述	140
6.2	装配精度和装配方法	140
6.3	装配工作注意要点	141
6.4	装配工艺过程	142
6.5	典型零部件的装配要点	143
6.6	总装配要点	153
6.7	装配后的磨合与试验调整	154
<b>第 7 章</b>	<b>机械检验与检测基础</b>	<b>156</b>
7.1	测试系统及其基本特性	156
7.2	信号及其描述	160
7.3	常用的传感器及敏感元件	163
7.4	数据采集与调理	167
7.5	典型测试系统	169
7.6	教学实验	172
	<b>参考文献</b>	<b>186</b>

# 第 1 章

## 机械识图基础

### 1.1 机械识图基本知识

#### 1.1.1 机械识图

##### (1) 机械识图的研究内容

机械识图的研究内容集中在二维图形与三维图形之间的转换,主要包括图示和图解两个方面,如图 1.1 所示。

- ①图示:用图来表示物,将空间物体表达在平面图纸上。
- ②图解:从图来理解物,通过看平面图形,想象物体的空间形状。

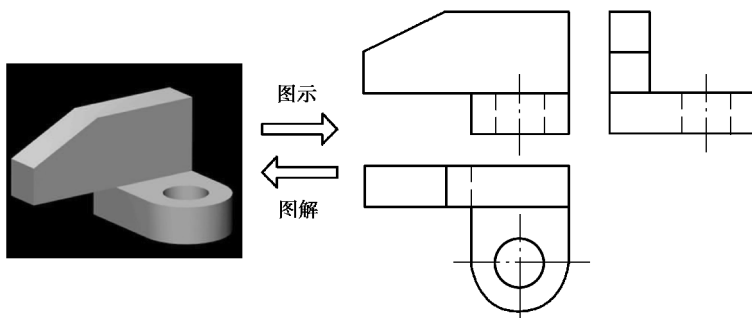


图 1.1 零件的三维图和二维图

##### (2) 学习机械识图应掌握的知识

- ①基本概念:掌握机械识图中的定义、名词和术语。
- ②基本理论:学会运用正投影的方法分析图样,看图想物。
- ③基本常识:能查阅有关制图中的国家标准并严格遵守。
- ④基本技能:能看懂一般的零件图和装配图。

### 1.1.2 机械图样

机械图样是机械识图的研究对象,在现代工业生产中,无论是加工每一个零件,还是装配部件或机器,都是依据图样来进行的。图样是产品设计、制造、使用、维护、技术交流的重要技术资料。因此,人们常把图样称为“工程界的语言”。

由图形、数字和文字准确地表达零件、部件或机器的形状、大小和技术要求的图,称为机械图样,如图 1.2 和图 1.3 所示。

#### (1) 机械图样的种类

常见的机械图样有两大类,即零件图和装配图。

##### 1) 零件图

只表达单个零件的图样,称为零件图。如图 1.2 所示的偏心轴零件图。零件图是制造零件和检验零件的依据,是指导生产机器零件的重要技术文件之一。

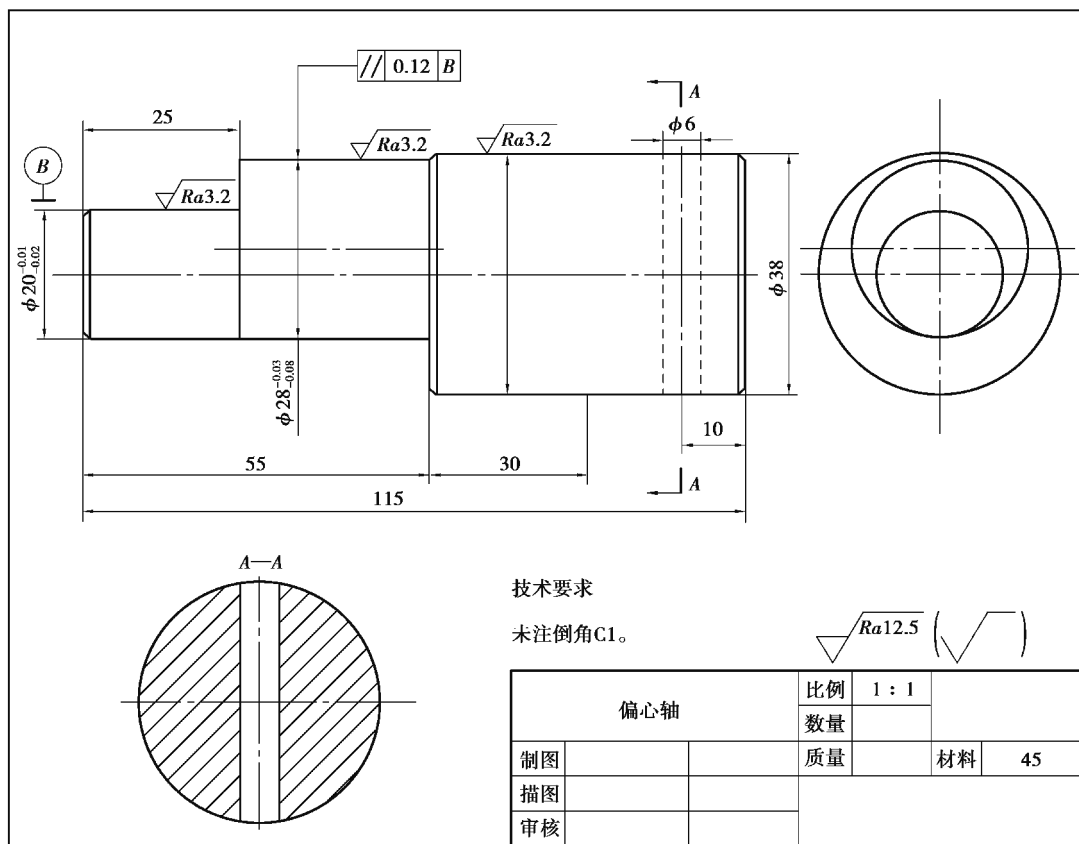


图 1.2 偏心轴零件图

##### 2) 装配图

如图 1.3 所示的联动夹持杆接头装配图,图样上一共有 5 个零件,是相对简单的装配图。还有更复杂的,几百个零件画在一幅图上,表达一台机器的组成。像这种表达一个部件或一台机器的零件装配情况的图样称为装配图。装配图主要用来指导机器或部件的装配。

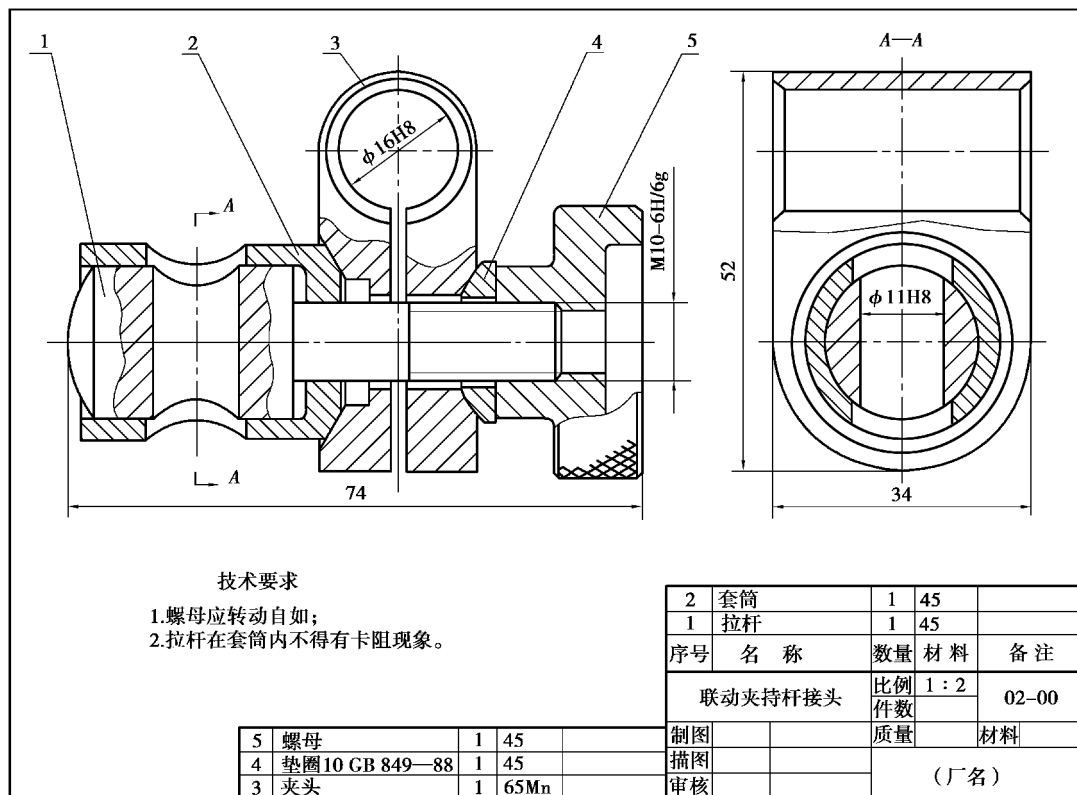


图 1.3 联动夹持杆接头装配图

## (2) 机械图样的组成

机械图样一般由以下几个部分组成(参考图 1.2、图 1.3)。

①一组图形。图样上用一组恰当的图形,正确、完整、清晰地将零件或机器的结构、形状表达出来。

②尺寸。零件的大小或机器各部分的大小和相对位置是靠图样中的尺寸来说明的。

③技术要求。图样上用文字或符号指出零件或机器在制造、装配和检验中所应达到的性能或要求,如表面粗糙度、尺寸公差、形位公差、热处理及表面处理等。

④标题栏及明细栏。标题栏中列出了零件或机器的名称、材料、比例、图号、数量、绘图者姓名等。零件图上只有标题栏,而明细栏是装配图中才有的。装配图中,在标题栏的上方需要列出零件的明细栏。

### 1.1.3 《机械制图》国家标准的一般规定

#### (1) 图纸幅面和格式

##### 1) 图纸幅面

图纸幅面简称图幅,指由图纸的宽度和长度组成的图面,即图纸的有效范围,通常用细实线绘出,称为图纸边界或裁纸线,基本幅面的尺寸及图框尺寸见表 1.1。

表 1.1 图纸幅面及图框尺寸

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841×1 189	594×841	420×594	297×420	210×297
$a$	25				
$c$	10			5	
$e$	20		10		

绘图时优先选用表 1.1 所规定的基本图幅,必要时,也允许以基本幅面的短边的整数倍来加长幅面,加长时长边尺寸不变,沿着短边延长线增加,如图 1.4 所示。图中粗实线为基本幅面,细实线与虚线均为加长幅面。

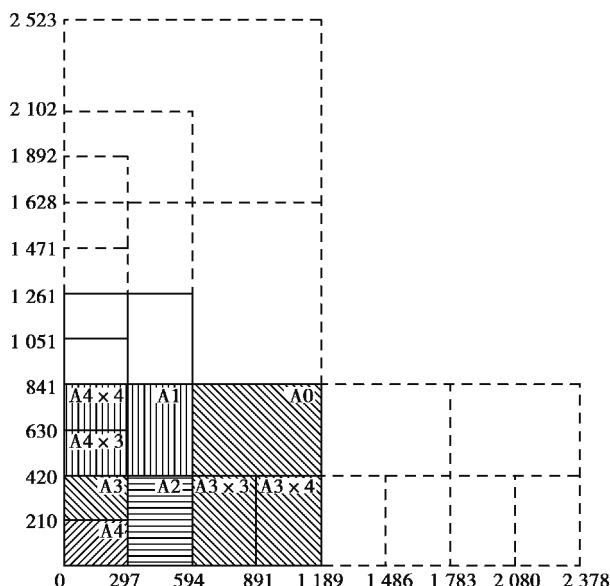


图 1.4 基本图幅及加长边

### 2) 图框格式

图框是指图纸上限定绘图区域的线框,用粗实线画出,其格式分为不留装订边和留装订边两种,如图 1.5 和图 1.6 所示,其尺寸均按表 1.1 中的规定。需要注意的是,同一产品的图样只能采用同一种格式。

### 3) 标题栏及明细栏位置

每张图样上都必须有标题栏,标题栏中文字的方向是看图的方向。如图 1.5 和图 1.6 所示,标题栏的位置应位于图纸的右下角,其长边置于水平方向,右边和底边与图框线重合。

标题栏及明细栏的基本要求、内容、尺寸和格式在国家标准《技术制图 标题栏》(GB/T 10609.1—2008)中有详细规定,如图 1.7 所示。标题栏一般印刷在图纸上,不必自己绘制。而明细栏是装配图中才有的,需要自己绘制。

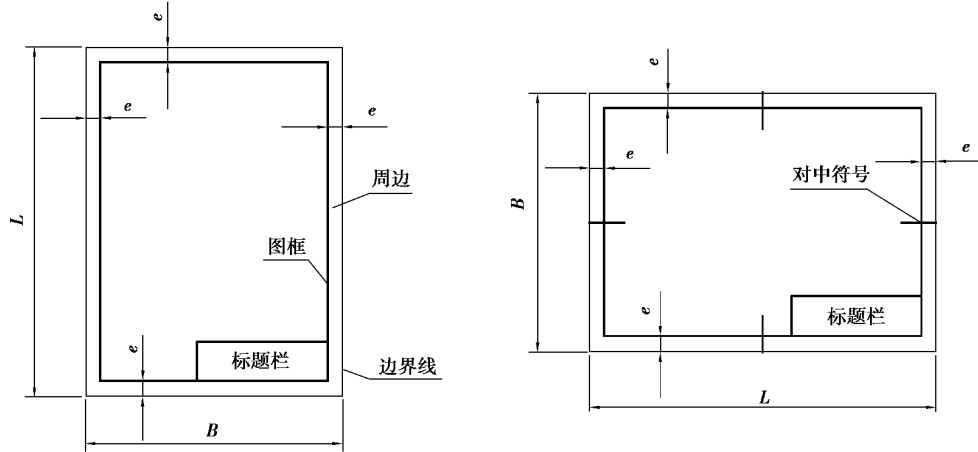


图 1.5 无装订边的图纸格式

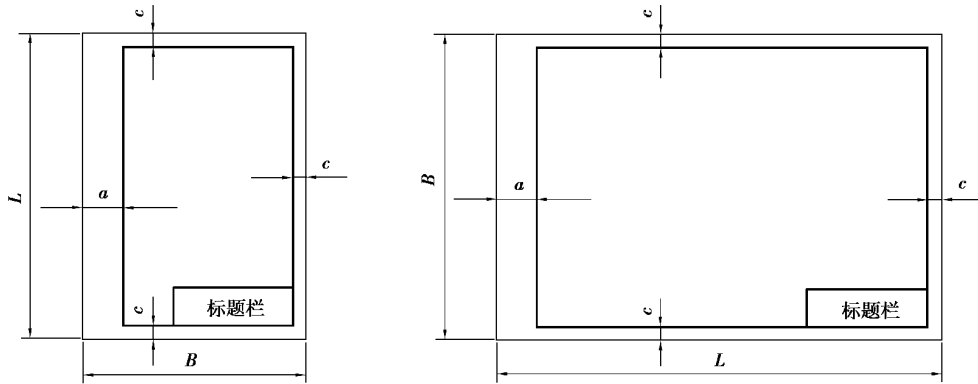


图 1.6 有装订边的图纸格式

	8	40	44	8	38	10	12	(20)	
14									
	序号	代号	名称	数量	材料	7	单件 质量	总计	备注
	10	10	16	16	12	16	(单位名称)		18
							(材料名称)		18
	标记	处数	分区	更改文件号	签名	年月日	4 × 6.5	12	12
	设计 (签名)	(年月日)	标准化	(签名)	(年月日)		阶段标记	质量	比例
	制图						6.5		
	审核								
	工艺			批准			共张	第张	(9)
	12	12	16	12	12	16	50		21
	180								

图 1.7 标题栏及明细栏格式

学校的制图作业使用的标题栏推荐用如图 1.8 所示的简化格式。

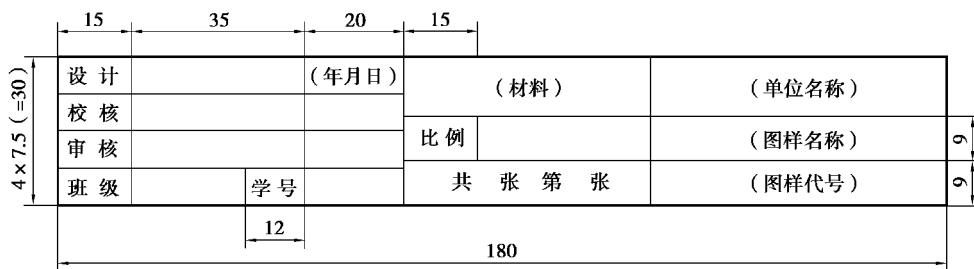


图 1.8 简化标题栏

### (2) 比例

图中所画图形与实际机件相应要素的线性尺寸之比称为图样的比例。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。

绘图时,应尽可能地采用 1:1 的比例。当机件过大或过小时,可以将它们缩小或放大画出,缩放比例应在国家标准规定的系列中选取(表 1.2),优先选用不带括号的比例。

绘制同一机件的各个视图时,应尽可能地采用相同的比例,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。

表 1.2 图纸的比例

原值比例	1:1
缩小比例	(1:1.5) 1:2 (1:2.5) (1:3) (1:4) 1:5 (1:6) 1:10 (1:1.5×10 <sub>n</sub> ) 1:2×10 <sub>n</sub> (1:2.5×10 <sub>n</sub> ) (1:3×10 <sub>n</sub> ) (1:4×10 <sub>n</sub> ) 1:5×10 <sub>n</sub> (1:6×10 <sub>n</sub> ) 1:1×10 <sub>n</sub>
放大比例	2:1 (2.5:1) (4:1) 5:1 1×10 <sub>n</sub> :1 2×10 <sub>n</sub> :1 (2.5×10 <sub>n</sub> :1) (4×10 <sub>n</sub> :1) 5×10 <sub>n</sub> :1

注:n 为正整数。

### (3) 字体


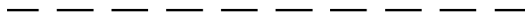


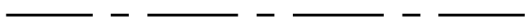

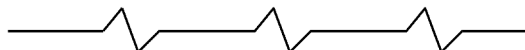

图样上除了反映机件形体结构的图形外,还需要用文字、符号、数字对机件的大小、技术要求加以说明。字体指的是图中文字、字母、数字的书写形式。图样中的文字必须遵循国标规定,其基本要求为:

- ①在图样中书写的汉字、数字和字母,要做到“字体端正、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐”。
- ②字体的号数,即高度(单位为 mm),分别为 20、14、10、7、5、3.5、2.5、1.8,共 8 种。
- ③汉字应写成长仿宋字,并采用国家正式公布的简化字。
- ④字母和数字可写成斜体或直体,在同一图样上要统一。

### (4) 图线

图中所采用各种形式的线,称为图线。GB/T 17450—1998、GB/T 4457.4—2002 中对图线的名称、形式、宽度、应用等作了规定,常见的基本线型及应用见表 1.3。

表 1.3 基本线型及应用

图线名称	图线形式	宽度	一般应用
粗实线		$d$	可见轮廓线
			可见过渡线
虚线		$\frac{d}{2}$	不可见轮廓线
			不可见过渡线
细实线		$\frac{d}{2}$	尺寸线及尺寸界线
			剖面线、引出线
			重合断面的轮廓线
			螺纹的牙底线及齿轮的齿根线
			分界线及范围
波浪线		$\frac{d}{2}$	断裂处的边界线
			视图和剖视的分界线
细点画线		$\frac{d}{2}$	轴线、对称中心线
			轨迹线、节圆及节线
双点画线		$\frac{d}{2}$	相邻辅助零件的轮廓线
			极限位置的轮廓线
双折线		$\frac{d}{2}$	断裂处的边界线
			视图和剖视的分界线
粗点画线		$d$	有特殊要求的线或表面的表示线

### (5) 尺寸标注

图形只表示机件的形状,机件的大小是图样上标注的尺寸来决定的。

#### 1) 尺寸标注的基本规则

- ①机件的真实大小以图样上所注尺寸数值为依据,与图形的大小及绘图的准确度无关。
- ②图样中(包括技术要求和说明)的尺寸以毫米为单位,不需标注计量单位的代号或名称,如采用其他单位时,需加以说明,如度( $^{\circ}$ )、厘米(cm)等。
- ③图样中所标注的尺寸,为该图样所示工件的最后完工尺寸,否则应加以说明。
- ④机件的每一个尺寸,一般只标注一次,并应标注在反映该结构最清晰的图形上。
- ⑤标注尺寸时,应尽量使用符号和缩写词,常用符号和缩写词见表 1.4。

表 1.4 尺寸标注中的常用符号和缩写词

名称	直径	半径	圆球直径	圆球半径	厚度	45°倒角	均布	正方形
符号或缩写词	$\phi$	$R$	$S\phi$	$SR$	$t$	$C$	EQS	□

## 2) 尺寸的组成

一个完整的尺寸,应包含尺寸界线、尺寸线和尺寸数字等要素,如图 1.9 所示。

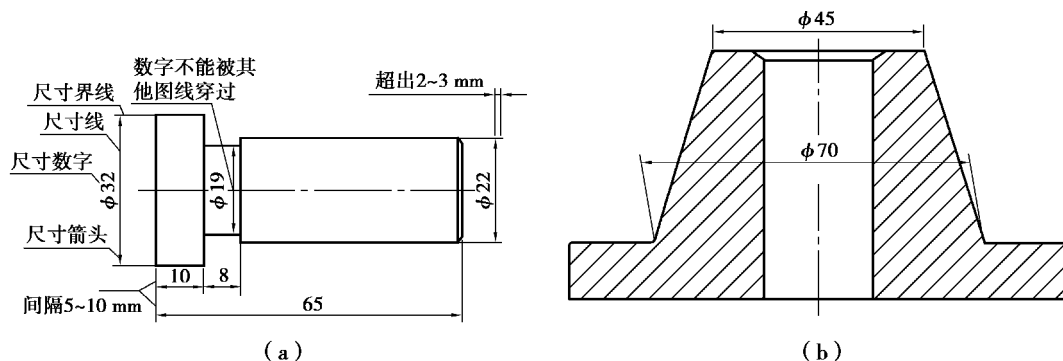


图 1.9 尺寸标注示例

①尺寸界线:为细实线,由轮廓线、轴线或对称中心线处引出,也可用这些线代替。

②尺寸线:由细实线和尺寸线终端组成,其中尺寸线终端可以有箭头和斜线两种形式。尺寸线不能用其他图线代替,也不得与其他图线重合或画在其延长线上。标注尺寸时尺寸线必须与所标注线段平行。

③尺寸数字:一般应注在尺寸线的上方,也可注在尺寸线的中断处。尺寸数字应按国标要求书写,并且水平方向字头向上,垂直方向字头向左,字高 3.5 mm。尺寸数字不可被任何图线穿过,否则必须将该图线断开。

## 1.2 投影与视图

### 1.2.1 投影法的基本知识

#### (1) 投影法的基本概念

物体在阳光或者灯光的照射下,会在地面或者墙壁上显现出它的影子。人们根据这种自然的投影现象,总结影子与物体的几何关系,创造了把空间物体投射在平面上的方法,称为投影法。

如图 1.10 所示,将 $\triangle ABC$ 放置于光源 $S$ 和平面 $H$ 之间,由于光线的照射,在 $H$ 面上会出现三角形的影子 $\triangle abc$ 。我们把 $H$ 面称为投影面,影子 $\triangle abc$ 称为投影,光线称为投射射线。

#### (2) 投影法的分类

根据投射射线的不同,投影分为中心投影法和平行投影法两类。投射射线相交于一点的投影法称为中心投影法。如果光源在无穷远处,可以认为投射射线是相互平行的,这种投射射线相互平行的投影法称为平行投影法。

平行投影法中,根据投射射线与投影面是否垂直,又分为正投影法和斜投影法两种。当投

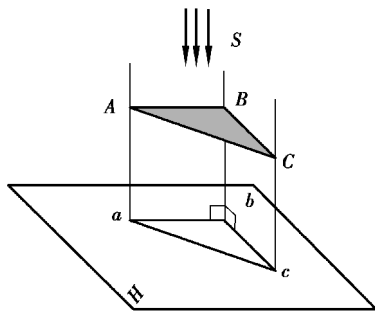


图 1.10 正投影法

射线与投影面夹角不等于  $90^\circ$  时为斜投影法;反之,当投射射线与投影面夹角为  $90^\circ$  时为正投影法。而图 1.10 中,投射射线相互平行,且投射射线和投影面  $H$  垂直,这时所得的投影称为正投影。

机械识图研究的主要是平行投影法中的正投影,由于正投影法得到的正投影图度量性好,作图方便简单,因此在工程中得到广泛应用,以后本书中的“正投影”简称为“投影”。无论是零件图还是装配图,都是在正投影理论的基础上绘制出来的。

### 1.2.2 视图及其投影规律

在绘制机械图样时,人们通常以视线作为投射射线,这样在投影面上所得到的正投影即称为视图。

机件是一个空间立体,在投影中,仅用一个视图是不能唯一确定物体的形状和大小的,因此,为了完整地确定机件的形状和大小,常常使用三视图。

#### (1) 三视图的形成

为了获得三视图,采用正投影面  $V$ (简称“正面”)、侧投影面  $W$ (简称“侧面”)和水平投影面  $H$ (简称“水平面”)3个互相垂直的投影面建立三面投影体系,如图 1.11(a)所示。两投影面的交线称为投影轴,分别用  $OX$ 、 $OY$ 、 $OZ$  表示,三轴相互垂直,分别代表长度、宽度和高度3个方向。三轴的交点  $O$  称为原点。

将立体放在3个投影面之间,利用正投影法在  $V$ 、 $W$ 、 $H$  三个投影面上获得的投影分别称为正面投影、侧面投影和水平投影,如图 1.11(b)所示。立体的三面投影又称为三视图,其中:

#### 1) 主视图

物体从前向后看,在正立投影面上得到的投影。

#### 2) 左视图

物体从左向右看,在侧立投影面上得到的投影。

#### 3) 俯视图

物体从上向下看,在水平投影面上得到的投影。

为了画图方便,把3个相互垂直的投影面展开成一个平面。展开的方法如图 1.11(c)所示,沿  $OY$  轴分开  $E$  面与  $H$  面,规定  $V$  面保持着正立的位置不动, $W$  面向右旋转  $90^\circ$ , $H$  面向  $Z$  下旋转  $90^\circ$ ,使得3个投影面展开成同一个平面。

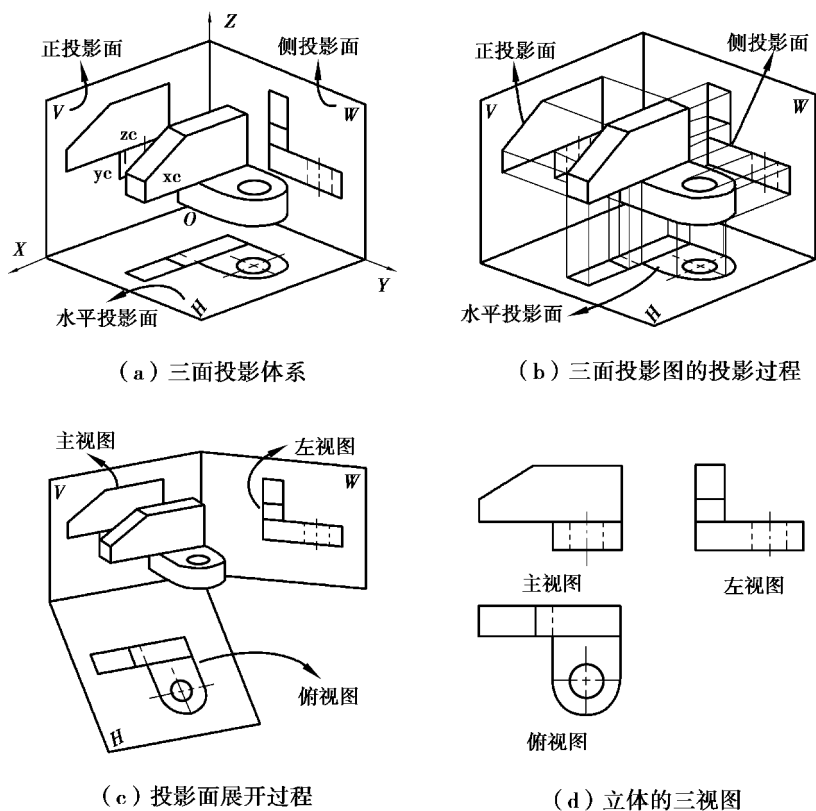


图 1.11 三视图的形成

一般在实际绘制图样时,投影轴和投影面的边框不必画出,如图 1.11(d)所示。此外,三视图按规定位置布置时视图名称也不必标注。

### (2) 三视图的投影规律

从三视图的形成过程中可以得到三视图的位置关系,即左视图在主视图右方,俯视图在主视图下方。3 个视图之间具有以下投影规律:

1) 长对正

主视图与俯视图长度相等且对正。

2) 高平齐

主视图与左视图高度相等且平齐。

3) 宽相等

左视图与俯视图宽度相等且对应。

主视图反映物体的长和高,俯视图反映物体的长和宽,左视图反映物体的高和宽。以主视图为中心来看其他两个视图,则靠近主视图的一侧是机件的后面,远离主视图的一侧是机件的前面。

### (3) 其他形式的视图

1) 基本视图

三视图是机械图样的基础视图,当立体各面的形状变得复杂时,国家标准允许在原有的

$V$ 、 $W$ 、 $H$ 三面投影体系的基础上,增加3个投影面构成正六面体,从而将机件向6个基本投影面投影得到6个基本视图,即主视图、俯视图、左视图、后视图、仰视图和右视图,如图1.12所示。6个基本视图之间仍然符合长对正、高平齐、宽相等的投影规律,按基本视图位置配置时,不需标注视图的名称。

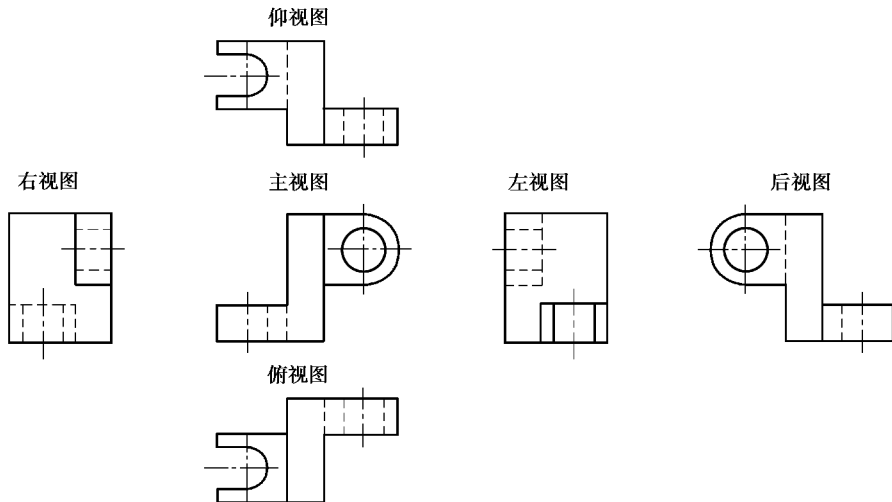


图 1.12 6个基本视图的配置

## 2) 向视图

位置可自由配置的基本视图称为向视图。绘制向视图时,应在视图的上方标注视图的名称,在相应视图附近用箭头指明投影方向,并注上同样的字母,如图1.13所示。

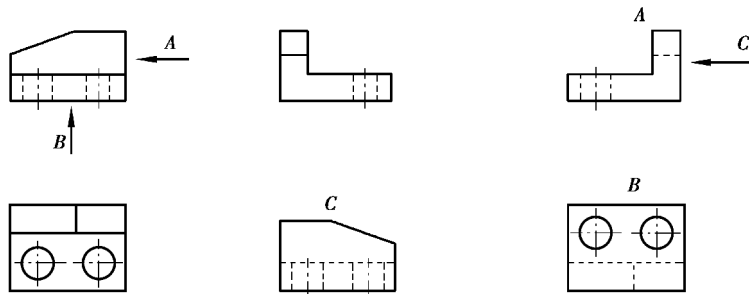


图 1.13 向视图及其标注

## 3) 局部视图和斜视图

将机件的某一部分向基本投影面投射,并加注投影箭头和字标后所得的视图称为局部视图,如图1.14中 $B$ 向和 $C$ 向所示。

将机件的一部分向不平行于任何基本投影面的平面投射,并加注投影箭头和字标后所得的视图称为斜视图,如图1.14中 $A$ 向所示。特别地,当斜视图旋转配置时,斜视图正上方应标注“ $\times$ 旋转”或“ $\curvearrowright \times$ ”(×为大写拉丁字母)。