

第 1 单元

机械制图的基本知识和基本技能

本单元主要介绍机械制图的基本概念、作用，国家标准的相关规定，徒手绘图、仪器绘图、计算机绘图的基本方法等入门知识。



绪 论

1.1 机械制图的应用背景

在机械工程领域,机械图是表达设计对象最重要的载体之一,是交流设计思想的有效手段,在产品设计与表达中具有语音、文字、实物模型等其他载体不可替代的作用,是名副其实的“工程师的语言”。

机械产品的典型设计过程如图 1-1 所示。首先对产品的需求及设计要求进行详细、科学的分析;面向需求,进行概念设计,确定应采取的原理方案,建立起产品的概念模型;在概念模型的基础上,进行产品的结构设计,确定为实现以上原理方案所需要的机械结构,建立初步的装配信息模型,生成装配结构草图;根据装配结构草图进行零件的详细设计,并对原装配结构进行必要的修改,最后建立零件信息模型,生成零件图。在结构设计和详细设计阶段,常常需要进行必要的工程分析(如受力分析,运动学、动力学分析),根据分析结果,对初始设计进行修改和优化。在上述工作基础上,形成最终的零件图、装配图,同时建立起零件、部件及产品的完整信息描述,将这些设计结果传送到工艺设计环节,进行零件加工工艺和部件、产品装配工艺设计,然后进入机械制造环节,形成最终产品。

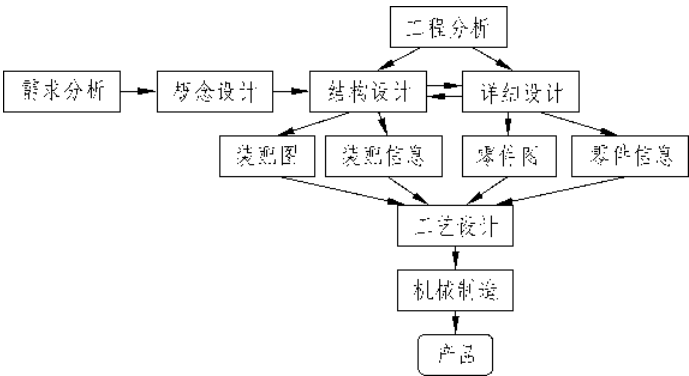


图 1-1 机械产品的典型设计过程

在上述产品设计过程中,机械图(零件图、装配图)不仅起着表达设计结果、承载设计信息的作用,而且起着引领设计过程的作用。例如,一张装配图从最初的草图开始,不断

细化、修改、完善,最终成为正式装配图的过程,对应着一个产品从初始结构设计开始,不断细化、修改、完善,最终完成整个产品设计的过程。因此,绘制产品的机械图不只是一个简单的画图过程,在一定程度上也体现了一个产品的设计过程。

1.2 本课程的性质、任务和主要内容

从机械制图在产品设计过程中的地位和作用不难看出,机械制图课程是一门工程技术基础课,教学目标是使学生掌握机械工程设计表达的基础知识、基本理论、基本方法、基本技能和典型手段,以投影理论为基础,培养学生的空间想象能力和形象思维能力,培养构形与表达能力,积累工程科学的基本科学素质,并为学习机械设计后续课程和开展机械工程研究及实践奠定基础。

本课程以现代产品设计制造过程为应用背景,以形体构造能力和图形表达能力为主线,包括正投影的基本理论、常用的二维视图表达方法、用于创意与构思的轴测草图、计算机绘图基础等,构成机械制图的完整知识体系。使学生具备对空间几何问题进行图示和图解的能力,具备将工程技术问题抽象为几何问题的能力,具备绘制和阅读机械图样的能力,初步掌握徒手绘图、仪器绘图和计算机绘图的能力。

本书在结构上,将教学内容划分为5个单元,前后呼应,有机结合。每个单元都有明确的阶段目标,通过循序渐进地学习每个单元的内容,学生可以掌握完整、深厚的机械制图基础知识和基本理论,使学习过程中有明确的思路和目标,前后知识紧密相连,从而避免学习的盲目性。教师也可以以单元目标为线索,开展研究型和实践性教学。围绕单元目标设置研究型题目和动手实践的专题,使学生能够及时运用所学的知识研究问题和解决问题,增强实践能力,进而增强学习的主动性和自觉性。

本课程的主要内容如下:

第1单元 机械制图的基本知识和基本技能。主要介绍机械制图的基本概念、作用,国家标准的相关规定,徒手绘图、仪器绘图、计算机绘图的基本方法等入门知识。

第2单元 几何元素的投影。研究点、直线、平面等几何元素的投影规律及其相对位置关系,为进一步研究体的投影打好基础。同时,研究投影变换的方法,为进一步提高图解能力和今后学习空间结构的设计及分析打好基础。

第3单元 体的构成及投影。在几何元素投影的基础上,研究体的构成及用投影表达空间形体的方法。从简单体入手,通过平面与体相交、体与体相交、叠加、切割等多种方式,构成复杂的形体,进一步讲解复杂形体的投影规律及三视图表达方法,培养空间想象能力和形象思维能力,为后续学习打好投影基础。同时,讲解轴测图和透视图的特点、用途及画法。

第4单元 形体的表达方法。在体的三视图表达的基础上,研究表达复杂形体的多种方法,包括多视图、剖视图、断面图、尺寸标注方法等,着重培养运用所学的投影理论及多种表达方法表达复杂形体的能力。所选例题的复杂程度有所提高,超出组合体的概念,更加接近工程实际,为进一步学习零件图和装配图打下基础。

第5单元 机械零部件的表达方法。以机械零部件的表达方法为主线,将公差与配

合、表面粗糙度以及相关的国家标准和规范联系起来,形成机械设计表达的完整知识体系,着重强调解决实际问题的能力。在与本书配套出版的习题集中给出了一些研究型和实践性的题目。

1.3 投影方法的基本概念

1. 投影的形成和分类

物体在太阳光或灯光照射下,会在地面或墙面上产生影子,形成投影现象。对影子和物体之间的几何关系进行科学研究和抽象,形成的在投影平面上表示空间物体的方法,称为投影方法。

在研究物体的投影时,把影子投落的平面称为投影面,把光线或视线称为投射线。投射线、被投影的物体和投影面,是形成投影必备的 3 个条件,也称投影三要素,见图 1-2。画出物体投影的方法,称为投影法。

根据投射线是交于一点还是相互平行,投影法分为中心投影法和平行投影法。

1) 中心投影法

在图 1-2 所示的投影中,所有的投射线都从一点发出,该点称为投影中心,这种投影法称为中心投影法,用中心投影法画出的投影图称为中心投影图。

2) 平行投影法

在图 1-3 所示的投影中,所有的投射线都互相平行,这种投影法称为平行投影法,用平行投影法画出的投影图称为平行投影图,投射线的方向称为投射方向。平行投影法在工程上应用十分广泛。

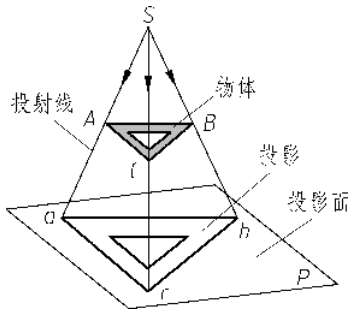


图 1-2 中心投影法

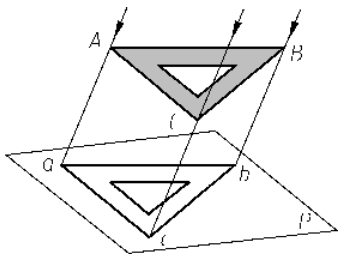


图 1-3 平行投影法

根据投射线与投影面的倾角不同,平行投影法又分为斜投影法和正投影法。

(1) 斜投影法。当投射线与投影面倾斜时,称为斜投影法,如图 1-4(a)所示。用斜投影法画出的投影图称为斜投影图。

(2) 正投影法。当投射线与投影面垂直时,称为正投影法,如图 1-4(b)所示。用正投影法画出的投影图称为正投影图。

2. 工程上常用的几种投影图

在机械工程领域中,常用的投影图有正投影图、轴测投影图和透视投影图。

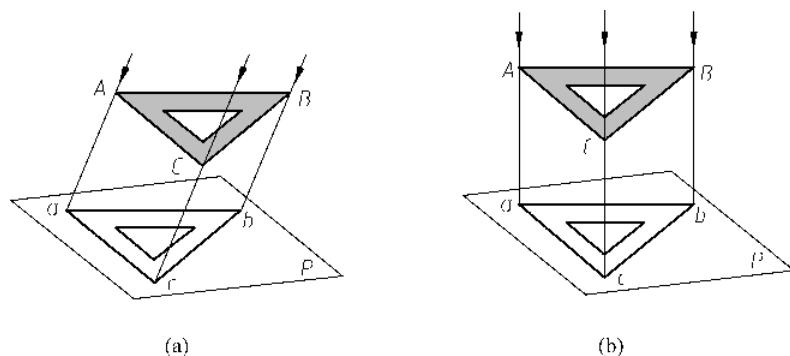


图 1-4 斜投影法和正投影法

(a) 斜投影法；(b) 正投影法

1) 正投影图

用正投影法把物体向一个或多个互相垂直的投影面进行投射,所得的图样称为多面正投影图,简称为正投影图。得到物体的投影图后,各个投影面需按一定的规则展平到同一平面上。正投影图的优点是能准确地反映物体的形状,作图方便,度量性好,所以在工程上得到了广泛应用。其缺点是立体感差,掌握工程制图知识且具备较好空间想象能力的人才能看得懂。

2) 轴测投影图

轴测投影图简称轴测图。这种投影图是按平行投影法绘制的。它的优点是立体感强,易于看懂。缺点是度量性不够理想,作图较麻烦。工程中常用轴测图作为辅助图样。

3) 透视投影图

透视投影图简称透视图,是按中心投影法绘制的投影图。画图时,通常使画面位于物体和观察者之间,观察者透过画面“视”物体而画出图形,故称之为透视图。它的优点是形象逼真,适用于画大型工程建筑物的辅助图样。缺点是度量性差,作图复杂。

本书对上述3种投影图都加以介绍。其中,正投影图是机械工程中应用最广泛的一种投影图,是本课程学习的重点。



机械制图的基本知识

机制图样是用来表达设计思想和进行信息交流的,规范性要求很高。为此,对于图纸、图线、字体、作图比例以及尺寸标注等,均以国家标准方式作出了严格规定,每个制图者都必须坚决遵守。本章对此择要介绍。

为了使绘图质量高、速度快,绘图者必须有坚实的基本功。因此,本章还对工具使用、绘图方法与步骤、基本几何作图和徒手绘图技能等作基本介绍。

2.1 机械制图国家标准基本规定

2.1.1 图纸幅面和格式

图纸幅面和格式由国家标准 GB/T 14689—1993《技术制图 图纸幅面和格式》规定。

1. 图纸幅面

图纸幅面指的是图纸宽度与长度组成的图面。绘制技术图样时应优先采用表 2-1 所规定的基本幅面 $B \times L$ (单位为 mm)。

表 2-1 图纸幅面及图框格式尺寸

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

必要时,也允许选用由基本幅面的短边成整数倍增加后所得的加长幅面。在图 2-1 中,粗实线所示为基本幅面(第一选择);细实线和虚线所示为加长幅面(第二选择和第三选择)。

绘图时,图纸可以竖用(短边水平)或横用(长边水平)。

2. 图框格式

图纸上限定绘图区域的线框称为图框。在图纸上必须用粗实线画出图框,其格式分为不留装订边和留有装订边两种,但同一机械产品的图样只能采用一种格式。不留装订

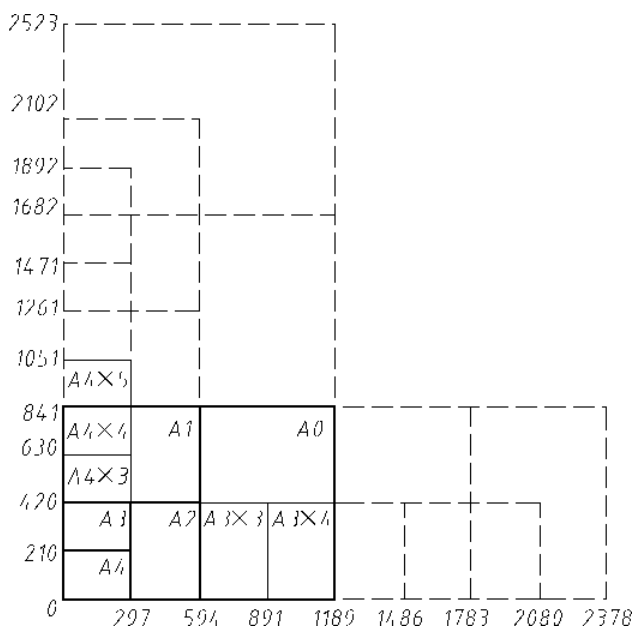


图 2-1 图纸幅面

边的图纸,其图框格式如图 2-2(a)和图 2-2(b)所示;留有装订边的图纸,其图框格式如图 2-3(a)和图 2-3(b)所示,尺寸按表 2-1 规定。本书推荐优先使用不留装订边格式。

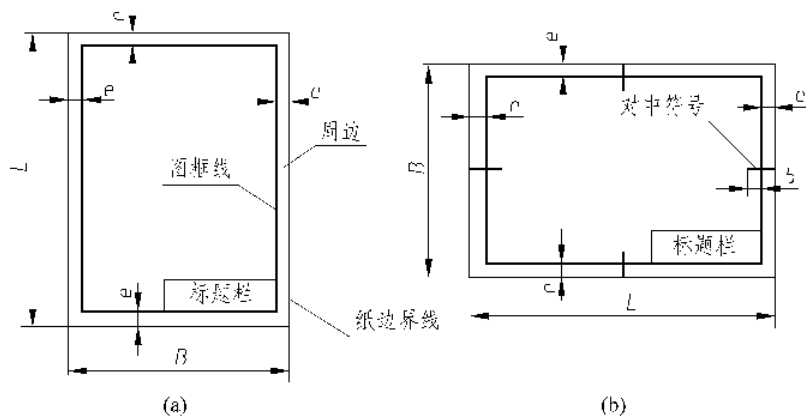


图 2-2 无装订边的图纸格式

为了使图样复制和缩微摄影时定位方便,应在图纸各边(不是图框的边!)的中点处分别画出对中符号,对中符号用粗实线绘制,线宽不小于 0.5 mm,长度从纸边界线开始伸入图框内约 5 mm,如图 2-2(b)所示。对中符号的位置误差应不大于 0.5 mm。

3. 标题栏的方位

每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏是由名称及代号区、签字区、更改区和其他区组成的栏目。标题栏可提供图样自身、图样所表达的产品及图样管理的若干信息,是图样不可缺少的内容。

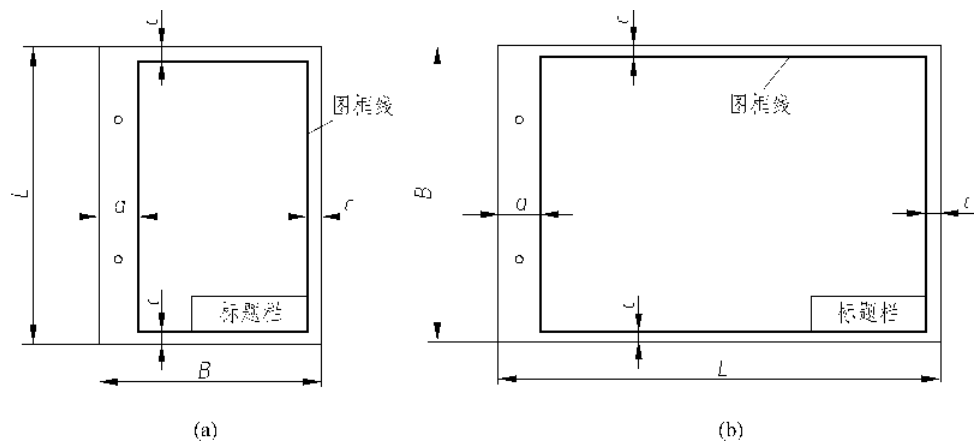


图 2-3 有装订边的图纸格式

标题栏的基本要求、内容、尺寸和格式在国家标准 GB/T 10609.1—1989《技术制图 标题栏》中有详细规定,各设计单位根据各自需求格式亦有变化,这里不作介绍。在学习本课程时可暂用图 2-4 所示格式。

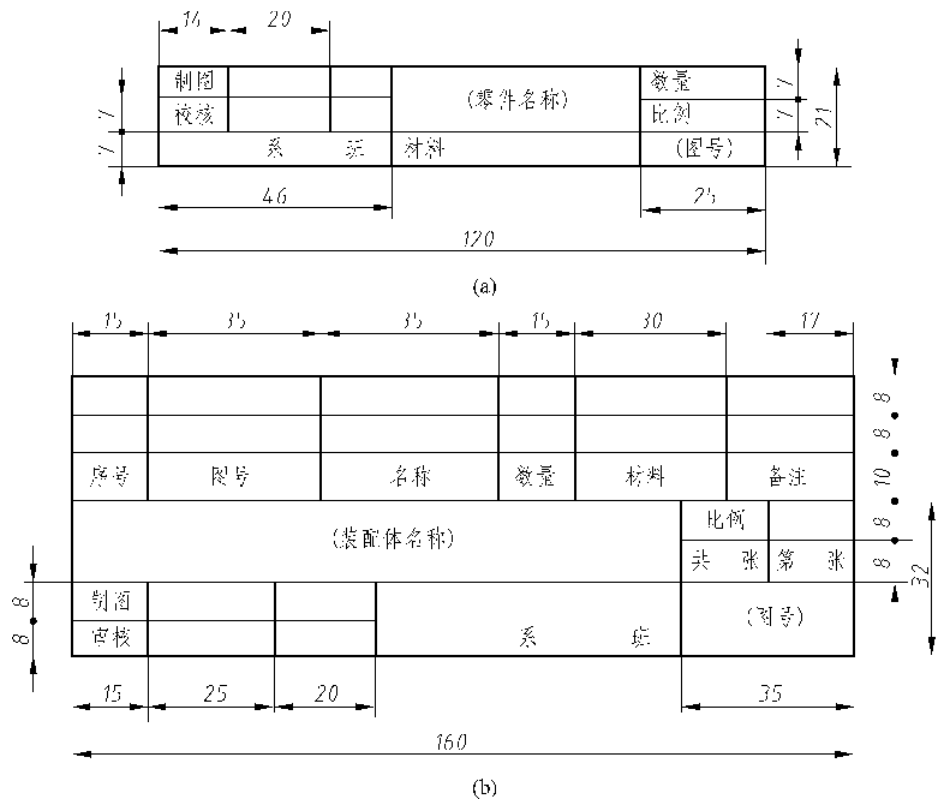


图 2-4 标题栏格式
(a) 零件图用；(b) 装配图用

标题栏应位于图纸右下角,如图 2-2 和图 2-3 所示。标题栏的底边与下图框线重合,右边与右图框线重合。

2.1.2 比例

1. 比例的概念

比例是指图中图形与实物相应要素的线性尺寸之比。图形画得和相应实物一样大小时,比值为 1,称为原值比例;图形画得比相应实物大时,比值大于 1,称为放大比例;图形画得比相应实物小时,比值小于 1,称为缩小比例。

2. 比例的选取

国家标准 GB/T 14690—1993《技术制图 比例》对比例的选用作了规定。绘图时,首先应由表 2-2 规定的系列中选取适当的比例,必要时也允许选取表 2-3 中的比例。

表 2-2 绘图比例(一)

种 类	比 例		
原值比例	1 : 1		
放大比例	5 : 1	2 : 1	
	$5 \times 10^n : 1$	$2 \times 10^n : 1$	$1 \times 10^n : 1$
缩小比例	1 : 2	1 : 5	1 : 10
	$1 : 2 \times 10^n$	$1 : 5 \times 10^n$	$1 : 1 \times 10^n$

注: n 为正整数。

表 2-3 绘图比例(二)

种 类	比 例				
放大比例	4 : 1	2.5 : 1			
	$4 \times 10^n : 1$	$2.5 \times 10^n : 1$			
缩小比例	1 : 1.5	1 : 2.5	1 : 3	1 : 4	1 : 6
	$1 : 1.5 \times 10^n$	$1 : 2.5 \times 10^n$	$1 : 3 \times 10^n$	$1 : 4 \times 10^n$	$1 : 6 \times 10^n$

注: n 为正整数。

在绘制图样时尽可能用原值比例按实物真实大小绘制,以利读图和进行空间思维。

3. 标注方法

比例的标记采用数学的比例式。按比例的定义,比例前项为图形中要素的线性尺寸,比例后项为实物相应要素的线性尺寸,中间为比号“:”,如 1 : 2,2 : 1 等。

绘制同一物体的各个视图^①时,应尽可能采用同一比例,此时可将采用的比例统一填写在标题栏的比例栏中。当某个视图必须采用不同比例绘制时,可在视图名称下方或右侧标注出来,如 $\frac{I}{2 : 1}$, $\frac{B-B}{5 : 1}$ 等。

① 根据有关标准和规定,用正投影法所绘制的物体的图形,称为视图。