



# 绪 论

## 一、课程的性质,研究对象及其作用

机械制图是汽车类专业的一门既有基本的系统理论又有较强实践性的技术基础课,它的基础性内容又是人才素质教育必不可少的内容之一。

本课程是研究阅读和绘制机械图样的原理、方法的一门重要技术基础课,它主要包括:制图基本知识和基本技能、正投影法及基本体的视图、轴测图、组合体、机械图样的表示方法、标准件与常用件、汽车零件图和汽车装配图等内容。

机械图样是人们表达设计意图、交流技术思想的工具,是现代生产中重要的技术文件。如机械、电子、汽车、土建、水利、航空、化工等行业的设计、施工、制造、检验、安装、调试、维修等方面,都要绘制和使用图样,所以,工程图样素有“工程界的语言”之称。

## 二、本课程的目标和任务

### (一) 课程任务

本课程的任务是培养学习者具有一定的绘制机械图的能力和良好的读图能力。具体说,就是要做到:

1. 三种基本能力:绘图、读图和查阅国家标准的基本能力。
2. 三种分析能力:空间分析及投影分析的能力、二维图形与三维图形间的相互转换能力。
3. 一种技能:具有手工绘图技能。
4. 工程文化素质:认真负责、严谨细致的工作态度和工作作风。

### (二) 课程目标

达到使学生既具有工程基础又有较高的工程文化素质,既有丰实的工程设计绘图基础知识、基本理论,又有较熟练的绘图和读图能力,还有较敏捷的灵活思维和创新意识,能视野开阔、善于自学、创新思变,能自觉按照国家标准用各种手段较快地、准确地绘制、阅读中等复杂程度的机械图样。

#### 1. 知识目标

- (1) 使学生掌握正投影的基本理论和方法,以及绘制轴测图的基本方法;
- (2) 培养学生运用投影原理解决空间几何问题的初步能力;
- (3) 培养学生的空间想象能力和分析能力;
- (4) 培养学生绘制和识读机械图样的能力。所绘图样应做到:视图正确、选择和配置恰当,尺寸完整、清晰、字体工整,线型规范,图面整洁,符合国家标准的规定。并能按给定的要求

标注表面粗糙度和公差配合等技术要求；

- (5) 培养学生掌握常用绘图工具和仪器的使用方法和使用技巧；
- (6) 培养学生耐心细致、严肃认真的工作态度。

### 2. 能力目标

- (1) 符合学生的认识过程和接受能力,符合由浅入深、由易到难、循序渐进的认识规律。
- (2) 把创新素质的培养贯穿于教学中。采用行之有效的教学方法,注重发展学生空间想象能力、应用能力的培养。

### 3. 情感目标

- (1) 通过本课程的学习培养学生耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度。
- (2) 强调以学生发展为中心,帮助学生学会学习。

## 三、学习方法简介

- (1) 严格遵守国家标准《技术制图》、《机械制图》和有关的技术标准。
- (2) 掌握正确的看图方法。对于制图基础理论知识,要由简到繁通过分析、想象,了解物体的基本情况、几何特征及其与视图之间的投影对应关系。通过对物体与视图之间的对应关系的反复练习,继而再反复练习从视图想象对应的物体,从而逐步提高空间想象能力。
- (3) 反复实践,提高画图技能。对于制图技能,需要通过一定数量的练习、作业才能掌握。因此,要认真绘图,一丝不苟,勤学苦练,严格要求,精益求精。

# 模块一 制图的基本知识和基本技能

国家标准《技术制图》和《机械制图》是工程界重要的技术基础标准,是绘制和阅读机械图样的准则和依据。为了正确绘制和阅读机械图样,必须熟悉和掌握有关标准和规定;而正确使用一般绘图工具和仪器,掌握作图的基本方法和步骤,是绘图技能形成的基础。

## 单元一 制图的基本知识

国家标准《技术制图》、《机械制图》是基础性的技术标准,是图样绘制和识读的准绳,和是技术法规,必须认真贯彻执行。

### 任务一

### 制图的基本规定



#### 任务描述

一张机械图样的幅面大小、格式、图形比例、图线等都由国家标准规定,掌握这些标准,是机械制图的前提和基础。



#### 任务目标

1. 熟悉国家标准。
2. 掌握图幅、比例、字体和图线的基本规定和应用。



相关知识

### 一、图幅、图框和标题栏

为了便于图纸的技术交流以及后续工作的进行,在 UG NX 中绘制的图形一般都要以图纸的形式打印输出,并且在输出图形之前,都需要使用相应的线型绘制出图纸的图框以及标题栏等内容。

#### 1. 图纸图幅

图纸的宽度( $B$ )和长度( $L$ )组成的图面称为图纸幅面。按国家有关规定,绘制技术图样时应优先使用国家规定的 5 种基本图幅,如表 1-1 所示。必要时也可以按规定加长幅面,但应按基本幅面的短边整数倍增加。

表 1-1 图纸基本幅面及图框尺寸

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

#### 2. 图框格式

在绘制图形时,必须用粗实线画出图框,细实线画出图纸界限。图框分留有装订边和不留装订边两种格式,如图 1-1 所示,其中具体尺寸按表 1-1 规定画出。需要注意的是,同一产品中所有图样均采用统一格式。

#### 3. 标题栏

为了绘制出的图样便于管理及查阅,每张图都必须添加标题栏。通常标题栏应位于图框的右下角,并且看图方向应与标题栏的方向一致。《技术制图标题栏》规定了两种标题栏的格式,如图 1-2 所示。其中前一种为推荐使用的国标格式,但实际的制图作业中常采用后种格式。

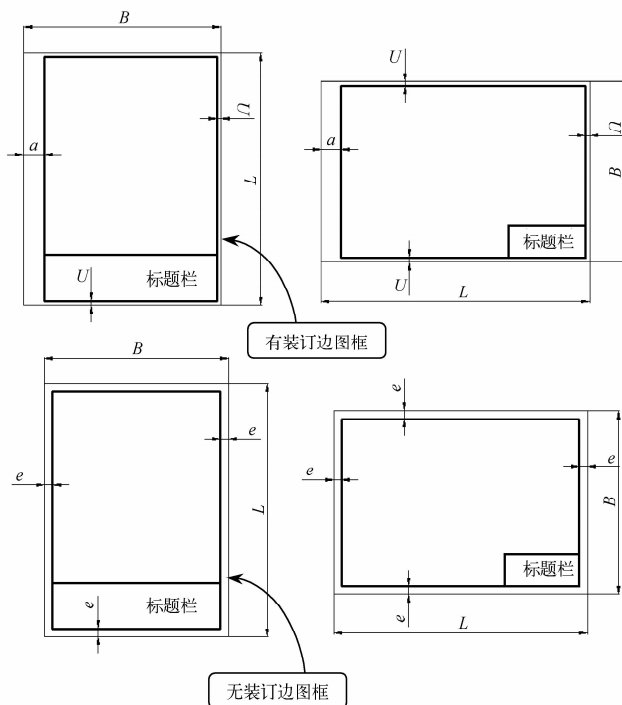


图 1-1 图框的两种格式

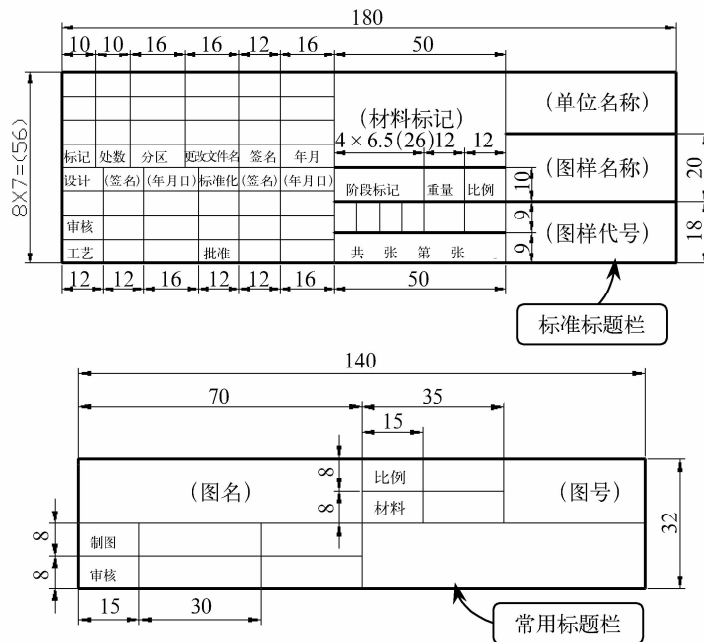


图 1-2 两种常用的标题栏格式

## 二、比例

比例是指图样中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。绘制图样时,应尽可能按机件实际大小采用 1 : 1 的比例画出。比例绘制图样时,应由表 1-2 规定的系列中选取适当的比例,无论缩小或放大,在图样中标注的尺寸均为机件的实际大小,而与比例无关。绘制图样时,对于选用的比例应在标题栏比例一栏中注明。

表 1-2 比例系数

种类	比例
原值比例(比值为 1)	1 : 1
放大比例(比值大于 1)	5 : 1 2 : 1 5 × 10 <sup>n</sup> : 1 2 × 10 <sup>n</sup> : 1 1 × 10 <sup>n</sup> : 1
缩小比例(比值小于 1)	1 : 2 1 : 5 1 : 10 1 : (2 × 10 <sup>n</sup> ) 1 : (5 × 10 <sup>n</sup> ) 1 : (10 × 10 <sup>n</sup> )
特殊放大比例	4 : 1 2.5 : 1 4 × 10 <sup>n</sup> : 1 2.5 × 10 <sup>n</sup> : 1
特殊缩小比例	1 : 1.5 1 : 2.5 1 : 3 1 : 4 1 : 6 1 : (11.5 × 10 <sup>n</sup> ) 1 : (2.5 × 10 <sup>n</sup> ) 1 : (3 × 10 <sup>n</sup> ) 1 : (4 × 10 <sup>n</sup> ) 1 : (6 × 10 <sup>n</sup> )

注:  $n$  为整数。

### 三、字体

国家标准《技术制图》字体中规定了汉字、字母和数字的结构形式。书写字体的基本要求如下：

(1) 图样中书写的汉字、数字、字母必须做到字体端正、笔画清楚、排列整齐、间隔均匀。

(2) 字体的大小以号数表示,字体的号数就是字体的高度(单位为 mm),字体高度(用  $h$  表示)的公称尺寸系列为:1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20。如需要书写更大的字,其字体高度应按比例递增。用作指数、分数、注脚和尺寸偏差的数值,一般采用小一号字体。

(3) 汉字应写成长仿宋体字,并应采用中华人民共和国国务院正式推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。长仿宋体字的书写要领是:横平竖直、注意起落、结构均匀、填满方格。汉字的高度  $h$  不应小于 3.5 mm,其字宽一般为  $h/\sqrt{2}$ ,如图 1-3 所示。

字体端正 笔划清楚  
排列整齐 间隔均匀

图 1-3 仿宋字体

(4) 字母和数字分为 A 型和 B 型,字体的笔画宽度用  $d$  表示。A 型字体的笔画宽度  $d=h/14$ ,B 型字体的笔画宽度  $d=h/10$ 。并且字母和数字可写成斜体和直体,如图 1-4 所示。

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9  
I II III IV V VI VII VIII IX X

图 1-4 数字书写示例

(5) 斜体字字头向右倾斜,与水平基准线成  $75^\circ$ 。绘图时,一般用 B 型斜体字。在同一图样上,只允许选用一种字体。

### 四、图线

绘制视图时,为了使视图尽可能真实、直观地反映物体的大小及形状,国家除了规定制图标准以外,又制定了一些图线绘制的原则,具体内容如下:


(1) 在同一图样中,同类图线的宽度应基本一致,虚线、点划线及双点划线的长度和间隔应大致相等。




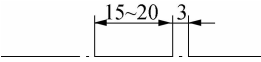
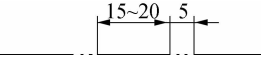

(2) 两条平行线之间的最小距离不得小于 0.7 mm,除非另有规定。

(3) 绘制圆的对称中心线时,圆心应为长划的交点,细点划线和细双点划线的首末两端应是长划而不是点,细点划线应超出图形轮廓 2~5 mm。当图形较小难以绘制细点划线时,可用细实线代替细点划线。

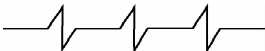
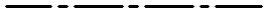
(4) 当不同图线互相重叠时,应按粗实线、细虚线、细点划线的先后顺序只绘制前面一种图线。细点划线和虚线与粗实线、虚线、细点划线相交时,都应在线段处相交,不应在空隙处相交。

(5) 虚线圆弧与实线相切时,虚线圆弧应留出空隙。虚线圆弧与虚线直线相切时,虚线圆弧的线段应绘制倒切点,虚线直线留出空隙。当虚线是粗实线的延长线时,粗实线应绘制到分界点,而虚线应留有空隙。在绘制图形时,不同部位的轮廓线应采用不同类型的图线进行表示。国家标准规定了 15 种基本线型的变形,绘制图样时,应采用标准中规定的图线。机械图样中常用的线型名称、形式、图线及其应用如表 1-3 所示。

扫一扫  表 1-3 线型名称、形式、宽度及应用

线型名称	线型形式、线型宽度	一般应用
粗实线	 宽度: $d \approx 0.5 \sim 2 \text{ mm}$	可见轮廓线、可见过渡线
细实线	 宽度: $d/2$	尺寸线、尺寸界限、剖面线、重合断面的轮廓线、辅助线、引出线、螺纹牙底线及齿轮的齿根线
细虚线	 宽度: $d/2$	不可见轮廓线、不可见过渡线
细点划线	 宽度: $d/2$	轴线、对称中心线、轨迹线、节圆及节线
细双点划线	 宽度: $d/2$	极限位置的轮廓线、相邻辅助零件的轮廓线、假想投影轮廓线的中断线
波浪线	 宽度: $d/2$	机件断裂处的边界线、视图与局部视图的分界线

续 表

线型名称	线型形式、线型宽度	一般应用
细双折线	 宽度: $d/2$	断裂处的分界线
粗点划线	 宽度: $d$	有特殊要求的线或表面的表示线

绘制图样时需要注意,同一图样中同类图线的宽度应基本一致;两条平行线之间的距离不应小于粗实线宽度的 2 倍;绘制圆形的中心线时,圆心处应为线段的交点,而不应在短划或间断处相交;当虚线与虚线相交时,应画成短划与短划相交。



### 任务评价

学习评价表

知识内容	评价标准	自我评价	同学评价	教师评价
制图的基本知识	能说出图幅的国家标准规定			
	能说出比例的概念及有关国家标准规定			
	能说出字体的国家标准规定			
	能说出图线的国家标准规定			
综合评价				



### 任务测评

#### 一、填空题:

- 在画三视图时,可见的轮廓线用\_\_\_\_\_线表示,看不见的轮廓线用\_\_\_\_\_表示,对称中心线用\_\_\_\_\_表示。
- 标题栏位于图纸的\_\_\_\_\_。
- 同一机件如在用不同的比例画出,其图形大小\_\_\_\_\_;但图上标注的尺寸数值\_\_\_\_\_。
- 图纸的基本幅面有\_\_\_\_\_五种。





## 单元二 制图的基本技能

正确使用一般绘图工具和仪器,掌握作图的基本方法和步骤,是绘图技能形成的基础。



### 任务一

### 绘图工具及其使用



#### 任务描述

用铅笔、图板、丁字尺、三角板和圆规等绘图仪器和工具来绘制图样时,为了提高绘图质量,提高绘图速度,必须注意正确、熟练地使用绘图工具和采用正确的绘图方法。



#### 任务目标

1. 能正确使用绘图工具和仪器。
2. 能正确维护绘图工具和仪器。



#### 相关知识

图样绘制的质量好坏与速度快慢取决于绘图工具和仪器的质量,同时也取决于其能否正确使用。因此,要能够正确挑选绘图工具和仪器,并养成正确使用和经常维护、保养绘图工具和仪器的良好习惯。下面介绍几种常用的绘图工具和仪器、用品以及它们的使用方法。

### 一、图板、丁字尺、三角板

#### 1. 图板

图板是用来铺放和固定图纸的。板面要求平整光滑,图板四周一般都镶有硬木边框,图板的左边是工作边,称为导边,需要保持其平直光滑。使用时,要防止图板受潮、受热。图纸要铺放在图板的左下部,用胶带纸粘住四角,并使图纸下方至少留有一个丁字尺宽度的空间,如图

1-5 所示。

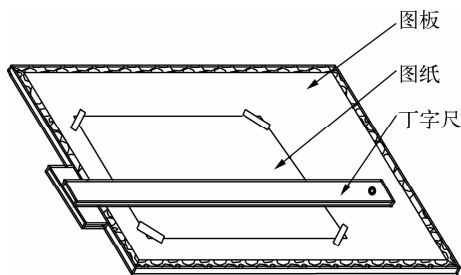


图 1-5 图板及丁字尺

图板大小有多种规格,它的选择一般应与绘图纸张的尺寸相适应,与同号图纸相比每边加长 50 mm。常用的图板尺寸规格见表 1-4。

### 2. 丁字尺

丁字尺主要用于画水平线,它由互相垂直并连接牢固的尺头和尺身两部分组成,尺身沿长度方向带有刻度的侧边为工作边。绘图时,要使尺头紧靠图板左边,并沿其上下滑动到需要画线的位置,同时使笔尖紧靠尺身,笔杆略向右倾斜,即可从左向右匀速画出水平线。应注意:尺头不能紧靠图板的其他边缘滑动而画线;丁字尺不用时应悬挂起来(尺身末端有小圆孔),以免尺身翘起变形,如图 1-5 所示。

### 3. 三角板

三角板由 45°和 30°(60°)各一块组成一副,规格用长度  $L$  表示,常用的大三角板有 20 cm、25 cm、30 cm。它主要用于配合丁字尺使用来画垂直线与倾斜线。画垂直线时,应使丁字尺尺头紧靠图板工作边,三角板一边紧靠住丁字尺的尺身,然后用左手按住丁字尺和三角板,且应靠在三角板的左边自下而上画线。画 30°、45°、60° 倾斜线时均需丁字尺与一块三角板配合使用,当画其他 15° 整数倍角的各种倾斜线时,需丁字尺和两块三角板配合使用画出,如图 1-6 (a) 所示。同时,两块三角板配合使用,还可以画出已知直线的平行线或垂直线,如图 1-6 (b) 所示。

表 1-4 图板尺寸规格 (单位:mm)

图板尺寸规格代号	A0	A1	A2	A3
图板尺寸(宽×长)	920×1 220	610×920	460×610	305×460

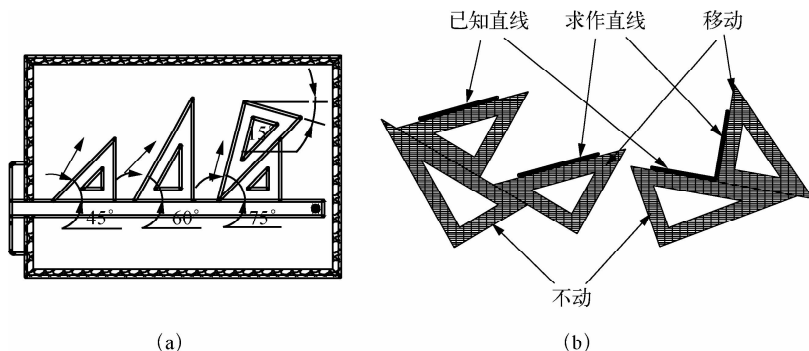
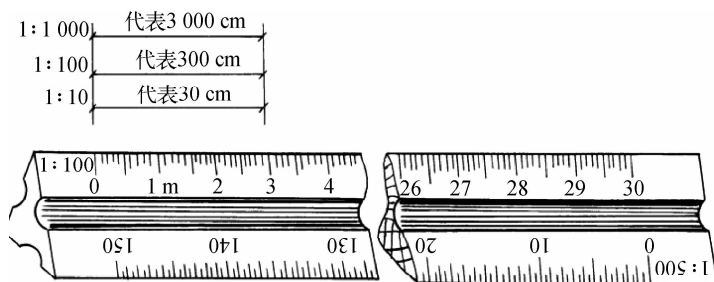



图 1-6 三角板和丁字尺的配合使用

## 二、比例尺

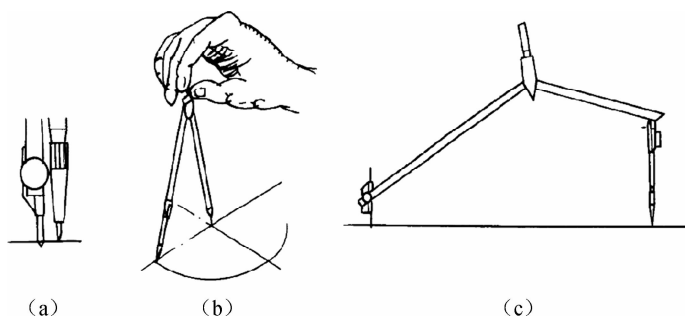
比例尺是用来按一定比例量取长度时的专用量尺,可放大或缩小尺寸,如图 1-7 所示。常用的比例尺有两种:一种外形成三棱柱体,上有六种(1:100、1:200、1:300、1:400、1:500、1:600)不同的比例,称为三棱尺;另一种外形象直尺,上有三种不同的比例,称为比例直尺。画图时可按所需比例,用尺上标注的刻度直接量取而不需换算。如按 1:100 比例,画出实际长度为 3 m 的图线,可在比例尺上找到 1:100 的刻度一边,直接量取相应刻度即可,这时,图上画出的长度是 30 mm。




扫一扫  图 1-7 比例尺

## 三、圆规和分规

圆规主要是用来画圆及圆弧的。一般较完整的圆规应附有铅芯插腿、钢针插腿、直线笔插腿和延伸杆等,如图 1-8(a)所示。在画图时,应使用钢针具有台阶的一端,并将其固定在圆心上,这样可不使圆心扩大,还应使铅芯尖与针尖大致等长。在一般情况下画圆或圆弧时,应使圆规按顺时针转动,并稍向前方倾斜。在画较大圆或圆弧时,应使圆规的两条腿都垂直于纸面,如图 1-8(b)所示。在画大圆时,还应接上延伸杆,如图 1-8(c)所示。



扫一扫  图 1-8 圆规的用法

分规主要是用来量取线段长度和等分线段的。其形状与圆规相似,但两腿都是钢针。为了能准确地量取尺寸,分规的两针尖应保持尖锐,使用时,两针尖应调整到平齐,即当分规两腿合拢后,两针尖必聚于一点,如图 1-9(a)所示。

等分线段时,通常用试分法,逐渐地使分规两针尖调到所需距离。然后在图纸上使两针尖沿要等分的线段依次摆动前进,如图 1-9(b)所示,弹簧分规用于精确的截取距离。

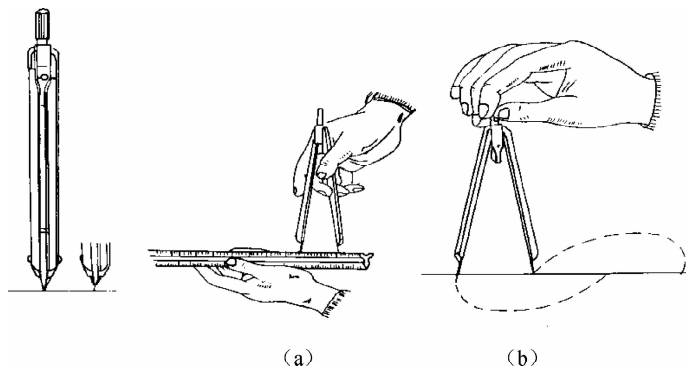


图 1-9 分规及其使用方法

#### 四、直线笔和绘图笔

直线笔(也叫鸭嘴笔)是传统的上墨画线的工具。在使用时应注意每次注墨不要太多,不要让笔尖的外侧有墨,以免沾污图纸。画线时两叶片间要留有空隙,以保证墨水能留出。调整两叶片的距离为线宽,装墨高度约为 6~8 mm,直线笔的使用如图 1-10 所示,但外倾、内倾、墨水太多、太少都不正确。

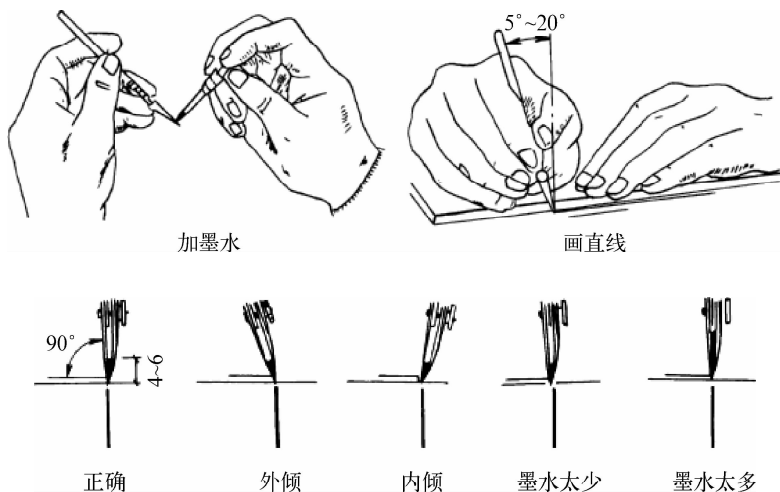


图 1-10 直线笔的使用

绘图笔如图 1-11 所示,头部装有带通针的针管,类似自来水笔,能吸存炭素墨水,使用较方便。针管笔分不同粗细型号,可画出不同粗细的图线,通常用的笔尖有粗(0.9 mm)、中(0.6 mm)、细(0.3 mm)三种规格,用来画粗、中、细三种线型。



图 1-11 绘图笔

## 五、绘图用品

1. 绘图纸 绘图时要选用专用的绘图纸。专用绘图纸的纸质应坚实、纸面洁白,且符合国家标准规定的幅面尺寸。图纸有正反面之分,绘图前可用橡皮擦拭来检验其正反面,擦拭起毛严重的一面为反面。

2. 铅笔 铅笔是用来画图线或写字的。铅笔的铅芯有软硬之分,铅笔上标注的“H”表示铅芯的硬度,“B”表示铅芯的软度,“HB”表示软硬适中,“B”、“H”前的数字越大表示铅笔越软或越硬,6H 和 6B 分别为最硬和最软的。画工程图时,应使用较硬的铅笔打底稿,如 3H、2H 等,用 HB 铅笔写字,用 B 或 2B 铅笔加深图线。铅笔通常削成锥形或铲形,笔芯露出约 6~8 mm。画图时应使铅笔略向运动方向倾斜,并使之与水平线大致成  $75^\circ$  角,如图 1-12 所示,且用力要得当。用锥形铅笔画直线时,要适当转动笔杆,这样可使整条线粗细均匀;用铲形铅笔加深图线时,可削的与线宽一致,以使所画线条粗细一致。

3. 擦图片 擦图片是用来擦除图线的。擦图片用薄塑料片或金属片制成,上面刻有各种形式的镂孔(见图 1-13)。使用时,可选择擦图片上适宜的镂孔,盖在图线上,使要擦去的部分从镂孔中露出,再用橡皮擦拭,以免擦坏其他部分的图线,并保持图面清洁。

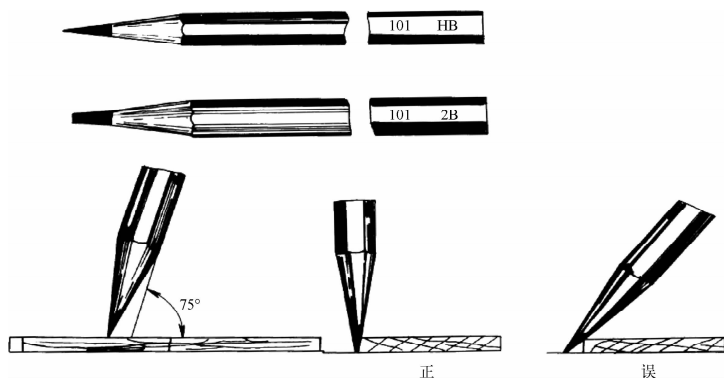


图 1-12 铅笔的使用

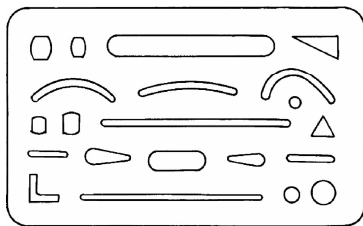


图 1-13 擦图片

4. 曲线板和机械模板 曲线板是用来画非圆曲线的工具。曲线板的使用方法是首先求得曲线上若干点,再徒手用铅笔过各点轻勾画出曲线,然后将曲线板靠上,在曲线板边缘上选择一段至少能经过曲线上 3~4 个点,沿曲线板边缘画出此段曲线,再移动曲线板,自前段接画曲线,如此延续下去,即可画完整段曲线。机械模板主要用来画各种机械标准图例和常用符号,如形位公差项目符号、粗糙度符号,斜度、锥度符号、箭头等。模板上刻有用以画出各种不同图例或符号的孔。其大小符合一定的比例,只要用铅笔在孔内画一周,图例就画出来了。使用机械模板,可提高画图的速度和质量。

5. 其他绘图用品 除上述用品外,绘图时还需要小刀(或刀片)、绘图橡皮、胶带纸、量角器、砂纸及软毛刷等。

## 任务二 尺寸标注



### 任务描述

在图样上,图形只表示物体的形状。物体的大小及各部分的相互位置关系,则需要用标注尺寸来确定。标注尺寸时,应严格执行国家标准,做到正确、齐全、清晰、合理。



### 任务目标

1. 掌握尺寸的基本原则、组成。
2. 会常见尺寸的标注标准方法。



### 相关知识

在图样中,其图形只能表达机件的结构形状,只有标注尺寸后,才能确定零件的大小。因此,尺寸是图样的重要组成部分,尺寸标注是一项十分重要的工作,它的正确、合理与否,将直接影响到图纸的质量。标注尺寸必须认真仔细,准确无误,如果尺寸有遗漏或错误,都会给加工带来困难和损失。

#### 一、基本原则

(1) 机件的真实大小应以图样所注的尺寸数值为依据,与图形的大小、所使用的比例及绘图的准确程度无关。

(2) 图样中(包括技术要求和其他说明)的尺寸,以毫米为单位时,不需标注计量单位的代号或名称,若采用其他单位,则必须注明相应的计量单位的代号或名称。例如:角度为 30 度 10 分 5 秒,则在图样上应标注成“ $30^{\circ}10'5''$ ”。

(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。

#### 二、尺寸的组成

图样上的尺寸包括四个要素:尺寸界线、尺寸线、尺寸线终端和尺寸数字、符号,如图 1-14 所示。

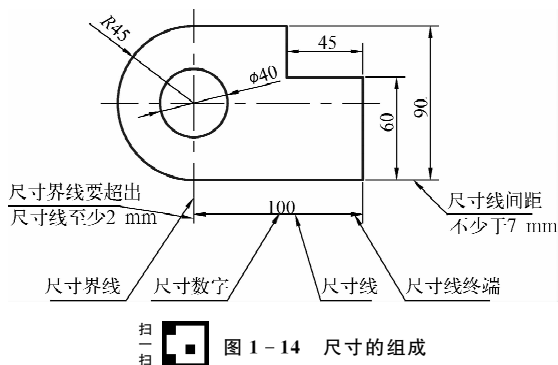


图 1-14 尺寸的组成

### 1. 尺寸界线

尺寸界线用来表示所注尺寸的范围界限,应用细实线绘制,一般应与被标注长度垂直,必要时才允许与尺寸线倾斜,如光滑过渡处的标注,但两尺寸界线仍相互平行。其一端应从图样的轮廓线、轴线或对称中心线引出,另一端应超出尺寸线  $2\sim 5\text{ mm}$ 。必要时可直接利用图样轮廓线、中心线及轴线作为尺寸界线。

### 2. 尺寸线

尺寸线应用细实线绘制,标注线性尺寸时,应与被注长度平行,与尺寸界线垂直相交,但不应超出尺寸界线外。互相平行的尺寸线,应从被注的图样轮廓线由近向远整齐排列,小尺寸应离轮廓线较近,大尺寸离轮廓线较远。图样轮廓线以外的尺寸线,距图样最外轮廓线之间距离不宜小于  $7\text{ mm}$ ,平行排列的尺寸线的间距为  $5\sim 10\text{ mm}$ ,并应保持一致。图样上任何图线都不得用作为尺寸线。

### 3. 尺寸线终端

尺寸线终端一般用箭头或细斜线绘制,并画在尺寸线与尺寸界线的相交处。箭头的形式如图,适用于各种类型的图样。而细斜线的形式如图,其倾斜方向应以尺寸线为准逆时针旋转  $45^\circ$ 角,长度应为  $2\sim 3\text{ mm}$ 。箭头及斜线尺寸画法分别如图 1-15(a)、(b)所示。在机械图样中一般采用箭头的形式,在土建图样中使用细斜线的形式。不好的箭头形式如图 1-15(c)所示。半径、直径、角度与弧长的尺寸线终端应用箭头表示。当尺寸线与尺寸界线互相垂直时,同一张图样中只能采用一种尺寸线终端形式。当采用箭头形式时,同一图样上,箭头大小要一致,不随尺寸数值大小的变化而变化,而且在没有足够位置的情况下,允许用圆点或斜线代替箭头,见表 1-5。当尺寸线终端采用细斜线形式时,尺寸线与尺寸界线必须相互垂直。

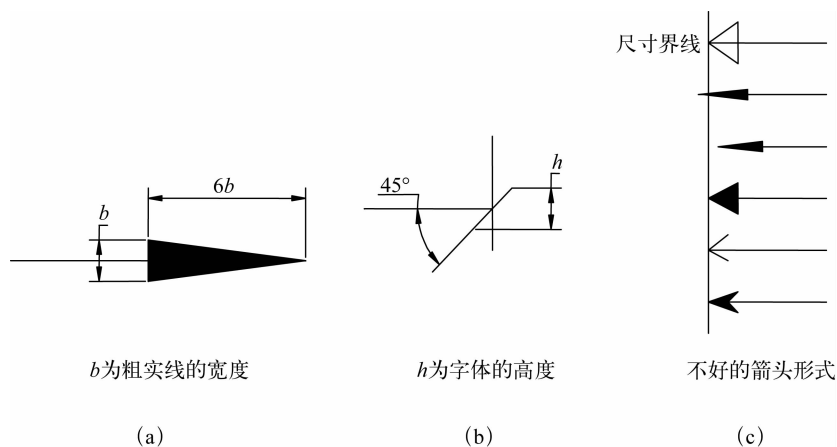


图 1-15 箭头及斜线尺寸画法

### 4. 尺寸数字

国标规定图样上标注的尺寸一律用阿拉伯数字标注其实际尺寸,它与绘图所用比例及准确程度无关,应以尺寸数字为准,不得从图上直接量取。图样上所标注的尺寸,除特别标明的外,一律以毫米(mm)为单位,图上尺寸数字都不再写单位。尺寸数字一般注写在尺寸线的中部。水平方向的尺寸,尺寸数字要写在尺寸线的上面,字头朝上;竖直方向的尺寸,尺寸数字要写在尺寸线的左侧,字头朝左;倾斜方向的尺寸,尺寸数字的方向应按图 1-16(a)的规定注写。应尽可能避免在图中所示  $30^\circ$ 影线范围内标注尺寸数字,当无法避免时可按 1-16(b)的

形式注写。对于非水平方向的尺寸数字,在不致引起误解时,其数字也可水平地注写在尺寸线的中断处,如图 1-17(a)所示,但在同一图样中,应采用同一种方法注写尺寸数字。

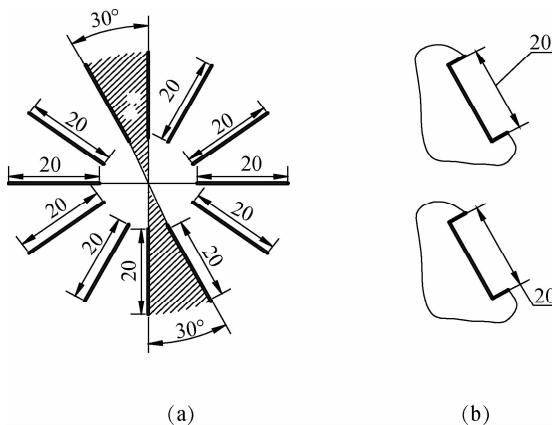


图 1-16 尺寸数字的注写方向

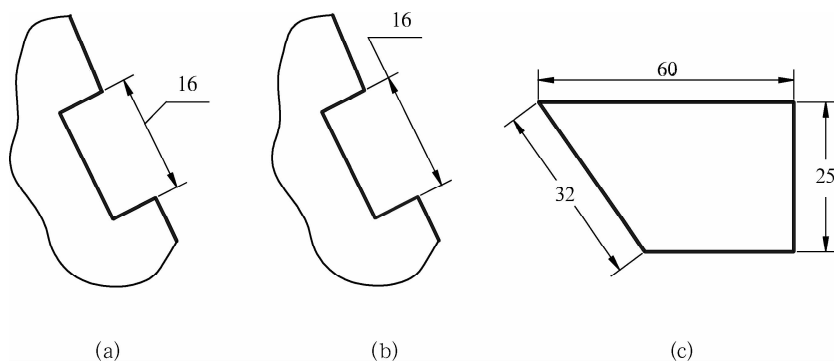


图 1-17 非水平方向的尺寸数字的注写方向

尺寸数字如果没有足够的注写位置时,尺寸数字也可引出标注,如图 1-17(b)所示,尺寸数字不可被任何图线穿过,否则必须断开图线,如图 1-17(c)所示。

当对称机件采用对称省略画法时,该对称构配件的尺寸线应略超过对称符号,仅在尺寸线的一端画尺寸起止符号,尺寸数字应按整体全尺寸注写,其注写位置宜与对称符号对齐,如图 1-18 所示。

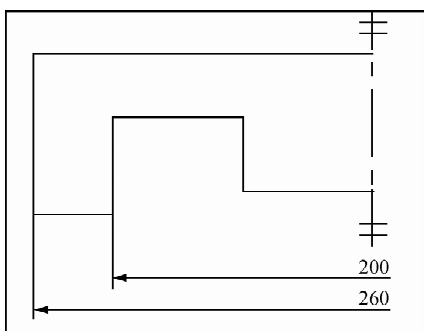


图 1-18 对称机件尺寸标注方法



尺寸数字前面的符号用于区分不同类型的尺寸。如： $\phi$ ：表示直径  $R$ ：表示半径  $S$ ：表示球面  $t$ ：表示板状零件厚度  $\square$ 表示沉孔或铤平  $C$ ：表示  $45^\circ$ 角  $EQS$ ：表示均布  $\downarrow$ 表示深度  $\sphericalangle$ 表示埋头孔。

### 三、尺寸注法示例

表 1-5 列出了国标所规定的一些尺寸注法。

表 1-5 尺寸标注示例

标注内容	示例	说明
角度		<p>角度尺寸线应画成圆弧，其圆心是该角的顶点。角度尺寸界线应沿径向引出</p> <p>角度的数字应一律写成水平方向，一般注写在尺寸线的中断处，必要时也可以注写在尺寸线的上方或外面，也可引出标注</p>
弧长和弦长		<p>弦长和弧长的尺寸界线应平行于该弦的垂直平分线</p>
圆		<p>尺寸线应通过圆心，尺寸线的两个终端应画成箭头，在尺寸数字前应加注符号 <math>\phi</math></p> <p>当图形中的圆只画出一半或略大于一半时，尺寸线应略超过圆心，此时仅在尺寸线的一端画出箭头</p> <p>整圆或大于半圆应注直径</p>
大圆弧		<p>当圆弧的半经过大，或在图纸范围内无法标出其圆心位置时，可按图(a)的形式标注，若不需要标出圆心位置时，可按图(b)的形式标注。标注球面的直径或半径时，应在符号“<math>\phi</math>”或“R”前再加注符号“s”</p>

续 表

标注内容	示例	说明
圆弧半径		<p>标注圆弧半径时,尺寸线的一端一般应画到圆心,以明确表示其圆心的位置,另一端画成箭头。在尺寸数字前应加注符号“R”</p> <p>半径尺寸必须注在投影为圆弧的图形上</p> <p>半圆或小于半圆的圆弧标注半径,如图(b)所示</p>
光滑过渡处		<p>在光滑过渡处必须用细实线将轮廓线延长,并从它们的交点处引出尺寸界线,一般应垂直,若不清晰时,则允许尺寸界线倾斜</p>
小尺寸		<p>当遇到连续几个较小的尺寸时,允许用黑圆点或斜线代替箭头</p> <p>在图形上直径较小的圆或圆弧,在没有足够的位置画箭头或注写数字时,可按下图的形式标注</p> <p>标注小圆弧半径的尺寸线,不论其是否画到圆心,但其方向必须通过圆心</p>
对称机件的标注		<p>当对称机件的图形只画出一半或略大于一半时,尺寸线应略超过对称中心或断裂处的边界线,此时仅在尺寸线的一端画出箭头</p>

## 任务三 常用平面几何图形的作图



### 任务描述

机器零件的轮廓形状虽然各不相同,但分析起来,都是由直线、圆弧和其他一些非圆曲线组成的几何图形。训练掌握和运用几何作图方法,将会提高绘制图样的速度和质量。



### 任务目标

1. 熟练掌握基本几何作图方法。
2. 了解斜度和锥度的概念、标注及其画法。
3. 会对相邻的两已知线段进行圆弧连接。

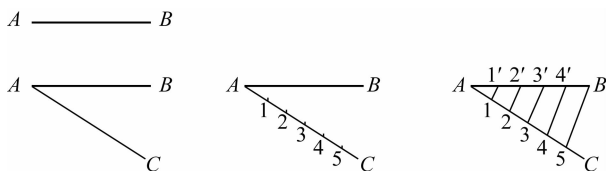


### 相关知识

#### 一、几何作图

##### 1. 线段和角的等分

(1) 线段的任意等分,如图 1-19 所示。



扫一扫 图 1-19 五等分线段 AB

(2) 两平行线间的任意等分,如图 1-20 所示。

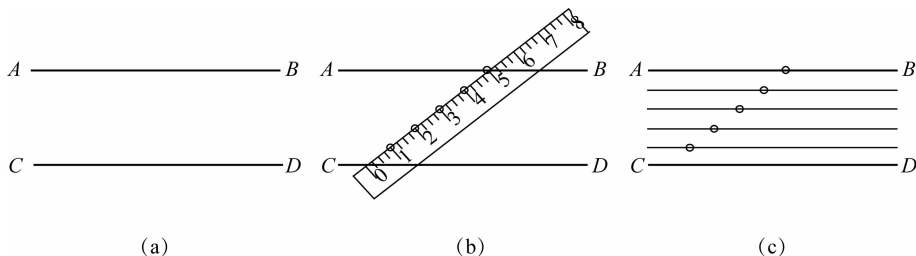


图 1-20 分两平行线 AB 和 CD 之间的距离为五等分

(3) 角的二等分,如图 1-21 所示。

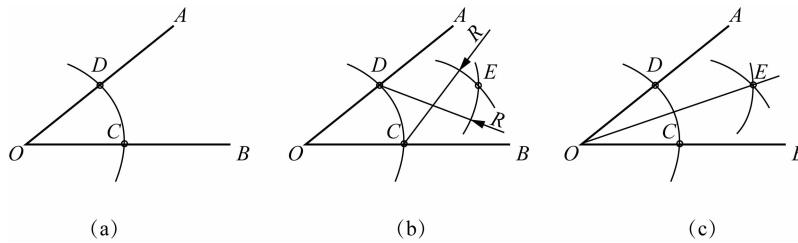
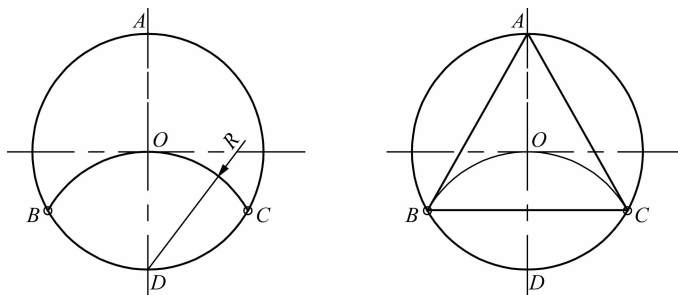


图 1-21 角的二等分

2. 等分圆周作正多边形

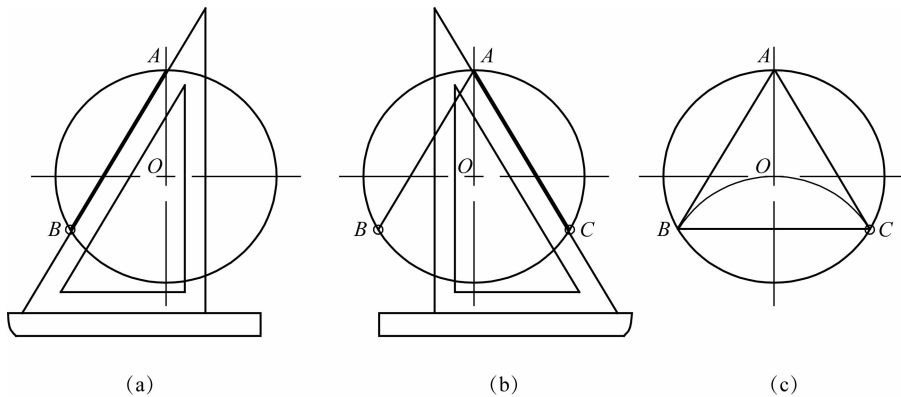
(1) 正三角形:

① 用圆规和三角板作圆的内接正三角形,如图 1-22 所示。



扫一扫 图 1-22 用圆规和三角板作圆的内接正三角形

② 用丁字尺和三角板作圆的内接正三角形,如图 1-23 所示。



扫一扫 图 1-23 用丁字尺和三角板作圆的内接正三角形

(2) 正四边形:用丁字尺和三角板作圆的内接正方形,如图 1-24 所示。

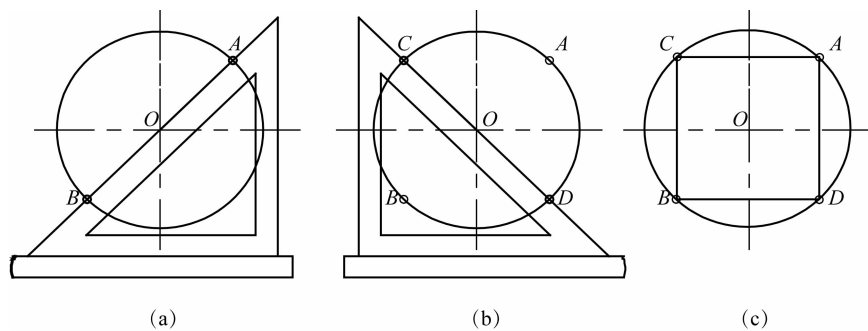


图 1-24 用丁字尺和三角板作圆的内接正方形

(3) 正五边形:作圆的内接正五边形,如图 1-25 所示。

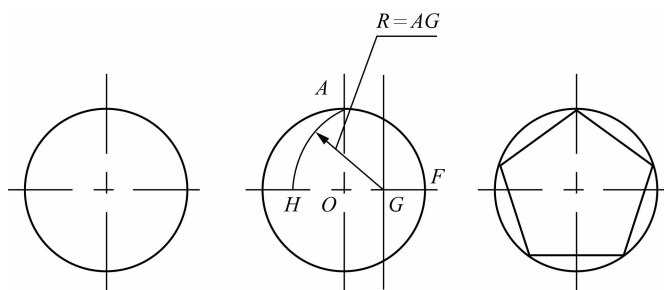
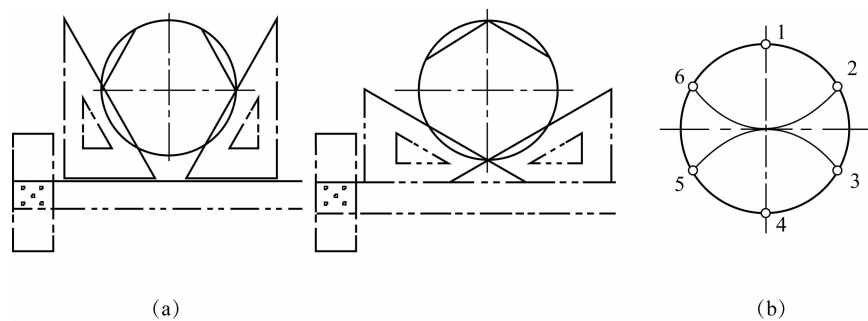



图 1-25 作圆的内接正五边形

(4) 正六边形:作圆的内接正六边形,如图 1-26 所示。



扫一扫  图 1-26 作圆的内接正六边形

(5) 任意正多边形的画法:如图 1-27 所示,以圆内接正七边形为例,说明任意正多边形的画法。

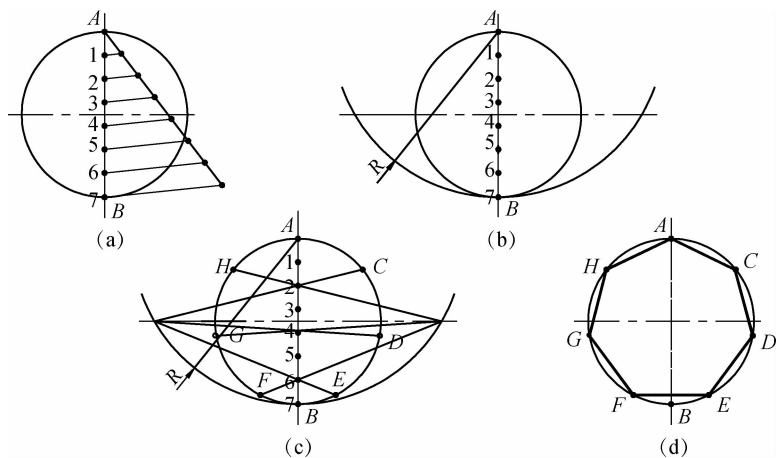


图 1-27 任意正多边形的画法

作图步骤:

- ① 把直径  $AB$  分为七等分,得等分点 1、2、3、4、5、6;
- ② 以点  $A$  为圆心, $AB$  长为半径作圆弧,交水平直径的延长线于  $E$ 、 $F$  两点;
- ③ 从  $E$ 、 $F$  两点分别向各偶数点(2、4、6)连线并延长相交于圆周上的 I、II、III、IV、V、VI 点,依次连接  $A$ 、I、II、III、IV、V、VI 各点即得所作的正七边形。

### 3. 椭圆画法

(1) 同心圆法:如图 1-28 所示,已知椭圆长轴  $AB$ 、短轴  $CD$ 、中心点  $O$ ,求作椭圆。

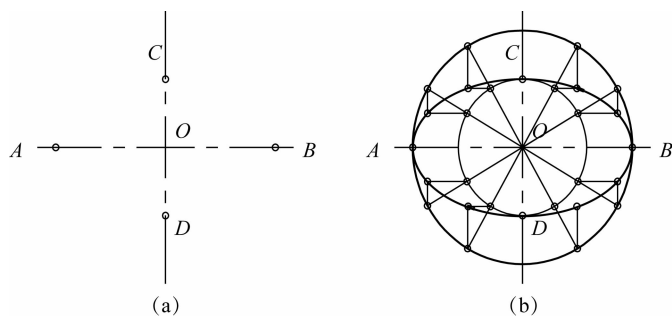


图 1-28 同心圆法画椭圆

作图步骤:

- ① 以  $O$  为圆心,以  $OA$  和  $OC$  为半径,作出两个同心圆。
- ② 过中心  $O$  作等分圆周的辐射线(图中作了 12 条线)。
- ③ 过辐射线与大圆的交点向内画竖直线,过辐射线与小圆的交点向外画水平线,则竖直线与水平线的相应交点即为椭圆上的点。
- ④ 用曲线板将上述各点依次光滑地连接起来,即得所画的椭圆。

(2) 四心圆法:如图 1-29 所示,已知椭圆长轴  $AB$ 、短轴  $CD$ 、中心  $O$ ,求作椭圆。

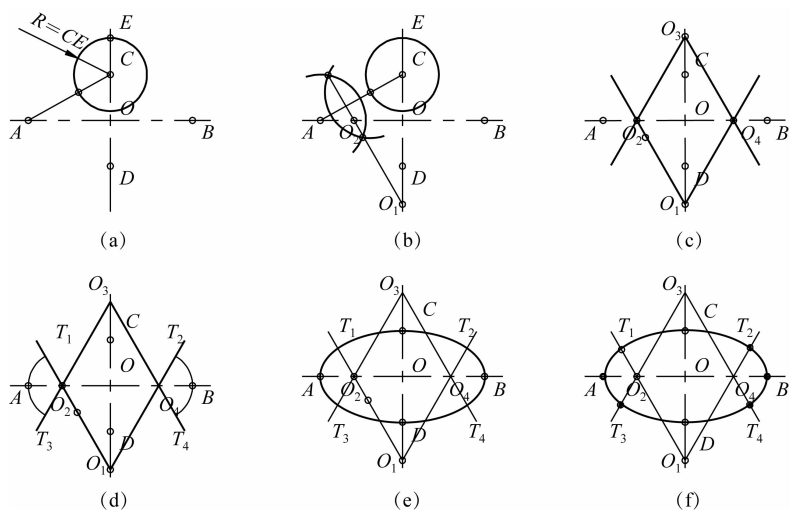


图 1-29 四心圆法画椭圆

作图步骤:

- ① 连接  $AC$ , 在  $AC$  上截取点  $E$ , 使  $CE = OA - OC$  [图 1-29(a)]。
- ② 作线段  $AE$  的中垂线并与短轴相交于点  $O_1$ , 与长轴交于点  $O_2$  [图 1-29(b)]。
- ③ 在  $CD$  上和  $AB$  上找到  $O_1$ 、 $O_2$  的对称点  $O_3$ 、 $O_4$ , 则  $O_1$ 、 $O_2$ 、 $O_3$ 、 $O_4$  即为四段圆弧的四个圆心 [图 1-29(c)]。
- ④ 将四个圆心点两两相连, 得出四条连心线 [图 1-29(d)]。
- ⑤ 以  $O_1$ 、 $O_3$  为圆心,  $O_1C = O_3D$  为半径, 分别画圆弧  $T_1T_2$  和  $T_3T_4$ , 两段圆弧的四个端点分别落在四条连心线上 [图 1-29(e)]。
- ⑥ 以  $O_2$ 、 $O_4$  为圆心,  $O_2A = O_4B$  为半径, 分别画圆弧  $T_1T_3$  和  $T_2T_4$ , 完成所作的椭圆 (图 1-29f)。

这是个近似的椭圆, 它由四段圆弧组成,  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$  为四段圆弧的连接点, 也是四段圆弧相切(内切)的切点。

(3) 八点法:如图 1-30 所示, 已知椭圆的长轴  $AB$ 、短轴  $CD$ , 求作椭圆。

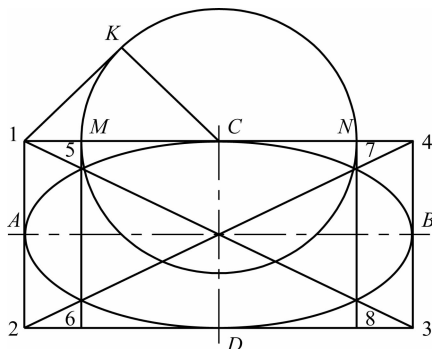


图 1-30 八点法画椭圆

作图步骤:

- ① 过长短轴的端点  $A、B、C、D$  作椭圆外切矩形  $1234$ , 连接对角线。
  - ② 以  $1C$  为斜边, 作  $45^\circ$  等腰直角三角形  $1KC$ 。
  - ③ 以  $C$  为圆心,  $CK$  为半径作弧, 交  $14$  于  $M、N$ ; 在自  $M、N$  引短边的平行线, 与对角线相交得  $5、6、7、8$  四点。
  - ④ 用曲线板顺序连接点  $A、5、C、7、B、8、D、6、A$ , 即得所求的椭圆。
- 八点法画得椭圆不太精确。

## 二、斜度和锥度

### 1. 斜度

斜度是指一直线(或一平面)对另一直线(或一平面)的倾斜程度。其大小用该两直线(或平面)间夹角的正切来表示, 并将比值化为  $1:n$  的形式, 即斜度  $= \tan a = H/L = 1 : L/H = 1 : n$ 。

斜度的作法及斜度符号的绘制方法如图 1-31 和图 1-32 所示。

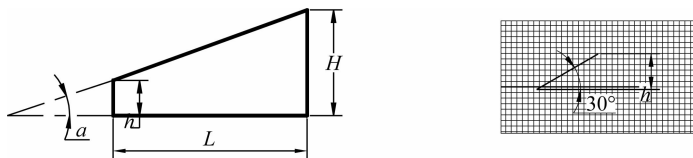


图 1-31 斜度符号

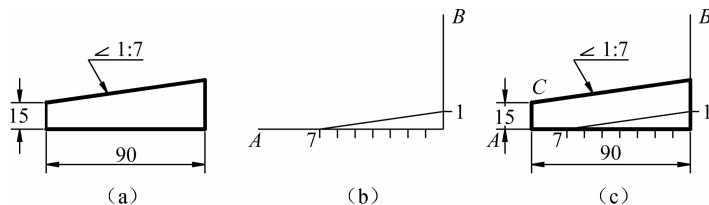


图 1-32 斜度的绘制方法

(1) 求作如图所示的斜楔, 见图 1-32(a)。

(2) 作  $OB \perp OA$ , 在  $OA$  上任意取 7 单位长度, 在  $OB$  上取 1 单位长度, 连接 7 和 1 点, 即为  $1=7$  的斜度见图 1-32(b)。

(3) 按尺寸定出  $C$  点, 过  $C$  点作线  $7-1$  的平行线, 即完成作图。

### 2. 锥度

锥度是指正圆锥的底圆直径与圆锥高度之比。如果是锥台, 则为两底圆直径之差与其锥台高之比。如下所示: 锥度  $= D/H = (D-d)/h = 2 \tan a$ 。

锥度的作法及锥度符号的绘制方法如图 1-33 和图 1-34 所示。

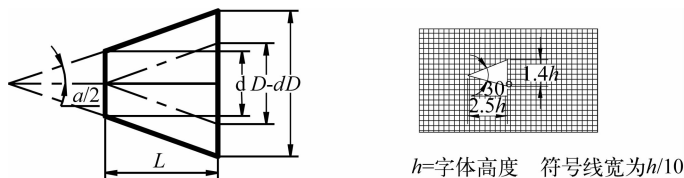


图 1-33 锥度符号



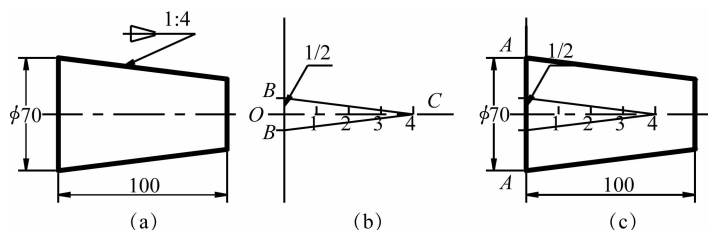


图 1-34 锥度的绘制方法

(1) 求作如图所示的图形。

(2) 从点  $O$  开始任意取 4 单位长度, 得点  $C$  在左端面上取直径为 1 单位长度, 得点  $B$ , 连  $BC$ , 即得锥度 1:4 的圆锥。

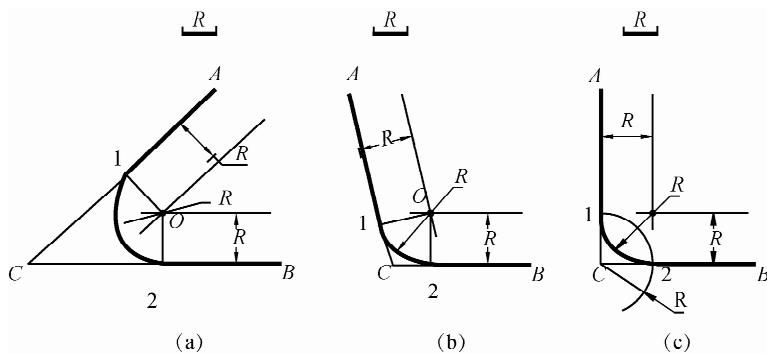
(3) 在  $OB$  的延长线上量取“ $\phi 70$ ”的长度, 得点  $A_1$  过  $A$  点作  $BC$  的平行线, 即完成作图。

### 三、圆弧连接

绘制平面图形时, 经常需要用圆弧将两条直线、一圆弧与一直线或两个圆弧之间光滑地连接起来, 这种连接作图称为圆弧连接, 用来连接已知直线或已知圆弧的圆弧称为连接圆弧。圆弧连接的要求就是光滑, 而要做到光滑连接就必须使连接圆弧与已知直线、圆弧相切, 切点称为连接点。为了能准确连接, 作图时必须先求出连接圆弧的圆心, 再找连接点(切点), 最后作出连接圆弧。

#### 1. 用圆弧连接两直线

如图 1-35 所示, 已知直线  $AC$  和  $CB$ , 连接圆弧的半径为  $R$ , 求作连接圆弧。



扫一扫  图 1-35 用圆弧连接两直线

作图步骤:

(1) 在直线  $AC$  上任找一点并以其为垂足作直线  $AC$  的垂线, 再在该垂线上找到垂足的距离为  $R$  的另一端点, 并过该点作直线  $AC$  的平行线。

(2) 用同样方法作出距离等于  $R$  的  $BC$  直线的平行线。

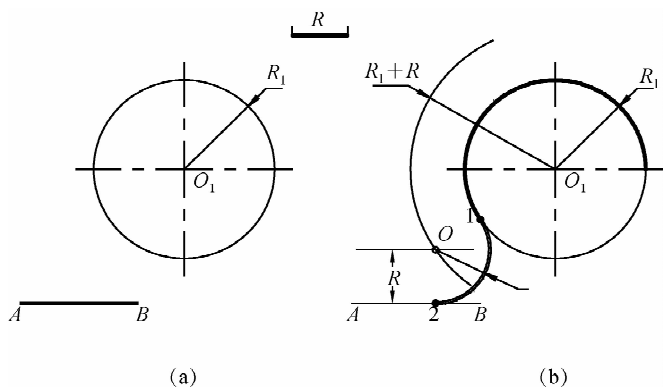
(3) 找到两平行线的交点  $O$  即为连接圆弧的圆心。

(4) 自点  $O$  分别向直线  $AC$  和  $BC$  作垂线, 得垂足 1、2, 即为连接圆弧的连接点(切点)。

(5) 以  $O$  为圆心、 $R$  为半径作圆弧 12, 完成连接作图。

2. 用圆弧连接一直线和一圆弧

如图 1-36 所示,已知连接圆弧的半径为  $R$ ,被连接的圆弧圆心为  $O_1$ 、半径  $R_1$  以及直线  $AB$ ,求作连接圆弧(要求与已知圆弧外切)。



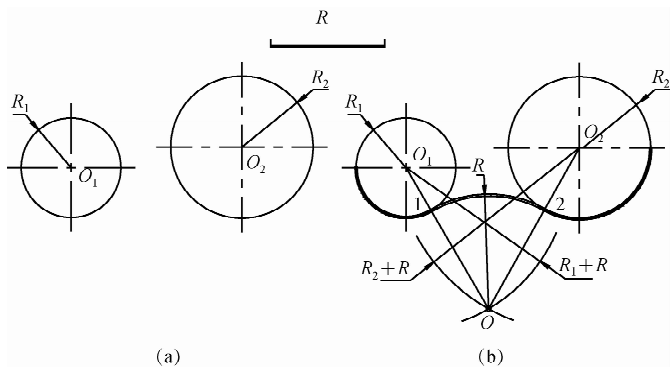
扫一扫 图 1-36 用圆弧连接一直线和一圆弧

作图步骤:

- (1) 作已知直线  $AB$  的平行线,使其间距为  $R$ ,再以  $O_1$  为圆心、 $R+R_1$  为半径作圆弧,该圆弧与所作平行线的交点  $O$  即为连接圆弧的圆心。
- (2) 由点  $O$  作直线  $AB$  的垂线得垂足 2,连接  $OO_1$ ,与圆弧  $O_1$  交于点 1,1、2 即为连接圆弧的连接点(两个切点)。
- (3) 以  $O$  为圆心, $R$  为半径作圆弧 12,完成连接作图。

3. 用圆弧连接两圆弧

(1) 与两个圆弧外切连接:如图 1-37 所示,已知连接圆弧半径为  $R$ ,被连接的两个圆弧的圆心分别为  $O_1$ 、 $O_2$ ,半径为  $R_1$ 、 $R_2$ ,求作连接圆弧。



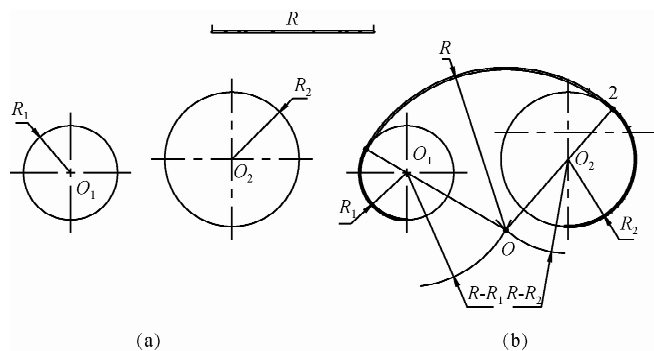
扫一扫 图 1-37 用圆弧连接两圆弧(外切)


作图步骤:

- ① 以  $O_1$  为圆心, $R+R_1$  为半径作一圆弧,再以  $O_2$  为圆心、 $R+R_2$  为半径作另一圆弧,两圆弧的交点  $O$  即为连接圆弧的圆心。
- ② 作连心线  $OO_1$ ,它与圆弧  $O_1$  的交点为 1,再作连心线  $OO_2$ ,它与圆弧  $O_2$  的交点为 2,则 1、2 即为连接圆弧的连接点(外切的切点)。

③ 以  $O$  为圆心,  $R$  为半径作圆弧 12 完成连接作图。

(2) 与两个圆弧内切连接: 如图 1-38 所示, 已知连接圆弧的半径为  $R$ , 被连接的两个圆弧圆心分别为  $O_1$ 、 $O_2$ , 半径为  $R_1$ 、 $R_2$ , 求作连接圆弧。



扫一扫  图 1-38 用圆弧连接两圆弧(内切)

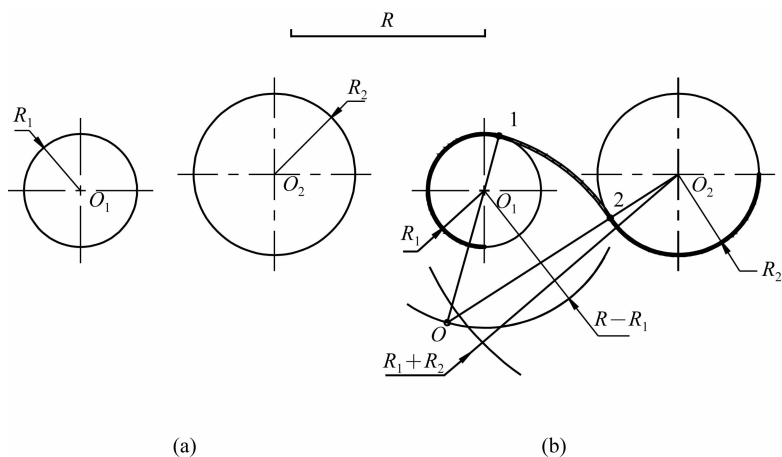
作图步骤:


① 以  $O_1$  为圆心,  $R-R_1$  为半径作一圆弧, 再以  $O_2$  为圆心,  $R-R_2$  为半径作另一圆弧, 两圆弧的交点  $O$  即为连接圆弧的圆心。

② 作连心线  $OO_1$ , 它与圆弧  $O_1$  的交点为 1, 再作连心线  $OO_2$ , 它与圆弧  $O_2$  的交点为 2, 则 1、2 即为连接圆弧的连接点(内切的切点)。

③ 以  $O$  为圆心,  $R$  为半径作圆弧 12, 完成连接作图。

(3) 与一个圆弧外切, 与另一个圆弧内切: 如图 1-39 所示, 已知连接圆弧半径为  $R$ , 被连接的两个圆弧圆心为  $O_1$ 、 $O_2$ , 半径为  $R_1$ 、 $R_2$ , 求作一连接圆弧, 使其与圆弧  $O_1$  外切, 与圆弧  $O_2$  内切。



扫一扫  图 1-39 用圆弧连接两圆弧(一外切、一内切)

作图步骤:

① 分别以  $O_1$ 、 $O_2$  为圆心,  $R+R_1$ 、 $R-R_2$  为半径作两个圆弧, 两圆弧交点  $O$  即为连接圆弧的圆心。

② 作连心线  $OO_1$ , 与圆弧  $O_1$  相交于 1; 再作连心线  $OO_2$ , 与圆弧  $O_2$  相交于 2, 则 1、2 即为

连接圆弧的连接点(前为外切切点、后为内切切点)。

③ 以  $O$  为圆心,  $R$  为半径作圆弧 12, 完成连接作图。

## 任务四

## 较为复杂的平面图形的画法



### 任务描述

较为复杂平面图形是由若干段线段所围成的, 而线段的形状与大小是根据给定的尺寸确定的。现以图 1-40 所示的平面图形为例, 说明其画法。

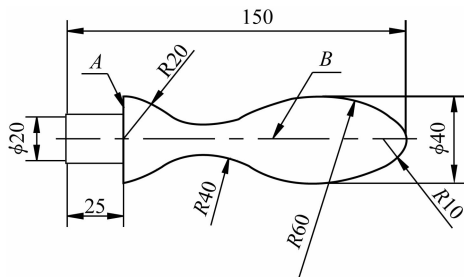


图 1-40 平面图形的尺寸与线段分析



### 任务目标

1. 能正确分析较为复杂平面图形的线段和尺寸。
2. 掌握较为复杂平面图形的作图方法和步骤。
3. 会抄画较复杂的平面图形。



### 相关知识

平面图形是由各种线段连接而成的, 这些线段之间的相对位置和连接关系靠给定的尺寸来确定。画图时, 只有通过分析尺寸和线段间的关系, 才能明确该平面图形应从何处着手以及按什么顺序作图。

#### 一、平面图形的尺寸分析

##### 1. 尺寸基准

尺寸基准是标注尺寸的起点。平面图形的长度方向和高度方向都要确定一个尺寸基准。尺寸基准常常选用图形的对称线、底边、侧边、图中圆周或圆弧的中心线等。在图 1-40 所示的平面图形中, 水平中心线  $B$  是高度方向的尺寸基准, 端面  $A$  是长度方向的尺寸

基准。

### 2. 定形尺寸和定位尺寸

定形尺寸是确定平面图形各组成部分大小的尺寸,如图 1-40 中的  $R60$ 、 $R40$ 、 $R10$ 、 $\phi 20$  等;定位尺寸是确定平面图形各组成部分相对位置的尺寸,如图 1-40 中的  $\phi 40$ 、长度 25 等,该图中还有的定位尺寸需经计算后才能确定,如半径为  $R10$  的圆弧,其圆心在水平中心线  $B$  上,且到端面  $A$  的距离为  $[150 - (25 + 10)] = 115$ 。从尺寸基准出发,通过各定位尺寸,可确定图形中各组成部分的相对位置,通过各定形尺寸,可确定图形中各组成部分的大小。

### 3. 尺寸标注的基本要求

平面图形的尺寸标注要做到正确、完整、清晰。

尺寸标注应符合国家标准的规定;标注的尺寸应完整,没有遗漏的尺寸;标注的尺寸要清晰、明显,并标注在便于看图的地方。

## 二、平面图形的线段分析

在绘制有连接作图的平面图形时,需要根据尺寸的条件进行线段分析。平面图形的圆弧连接处的线段,根据尺寸是否完整可分为三类:

### 1. 已知线段

根据给出的尺寸可以直接画出的线段称为已知线段。即这个线段的定形尺寸和定位尺寸都完整。如图 1-40 中,圆心位置由尺寸 25、 $[150 - (25 + 10)] = 115$  确定的半径为  $R20$ 、 $R10$  的两个圆弧是已知线段(也称为已知弧)。

### 2. 中间线段

有定形尺寸,缺少一个定位尺寸,需要依靠两端相切或相接的条件才能画出的线段称为中间线段。如图 1-40 中  $R60$  的圆弧是中间线段(也称为中间弧)。

### 3. 连接线段

图 1-40 中圆弧  $R40$  的圆心,其两个方向定位尺寸均未给出,而需要用与两侧相邻线段的连接条件来确定其位置,这种只有定形尺寸而没有定位尺寸的线段称为连接线段(也称为连接弧)。

## 三、平面图形的画法

(1) 首先对平面图形进行尺寸分析和线段分析,找出尺寸基准和圆弧连接的线段,拟定作图顺序。

(2) 选定比例,画底稿。先画平面图形的对称线、中心线或基线,在顺次画出已知线段、中间线段、连接线段。

(3) 画尺寸线和尺寸界线,并校核修正底稿,清理图面。

(4) 按规定线型加深或上墨,写尺寸数字,再次校核修正。

抄绘图 1-40 所示平面图形的绘图步骤,如图 1-41 所示。

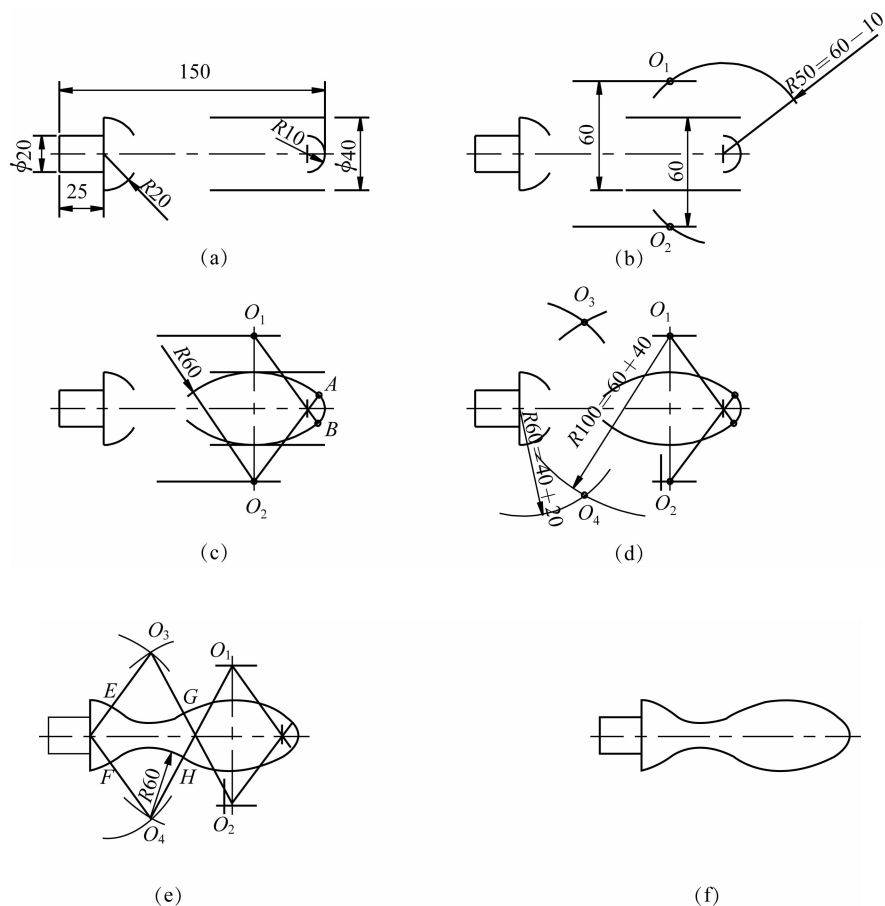


图 1-41 平面图形的画图步骤

#### 四、制图的一般方法和步骤

为了保证绘图的质量,提高绘图的速度,除正确使用绘图仪器、工具,熟练掌握几何作图方法和严格遵守国家制图标准外,还应注意下述的绘图步骤和方法。

##### 1. 准备工作

(1) 收集阅读有关的文件资料,对所绘图样的内容及要求进行了解,在学习过程中,对作业的内容、目的、要求,要了解清楚,在绘图之前做到心中有数。

(2) 准备好必要的制图仪器、工具和用品。

(3) 将图纸用胶带纸固定在图板上,位置要适当。一般将图纸粘贴在图板的左下方,图纸左边至图板边缘 3~5 cm,图纸下边至图板边缘的距离略大于丁字尺的宽度。

##### 2. 画底稿

(1) 按制图标准的要求,先把图框线及标题栏的位置画好。

(2) 根据图样的数量、大小及复杂程度选择比例,安排图位,定好图形的中心线。

(3) 画图形的主要轮廓线,再由大到小,由整体到局部,直至画出所有轮廓线。

(4) 画尺寸界限、尺寸线以及其他符号等。

(5) 最后进行仔细的检查,擦去多余的底稿线。

### 3. 用铅笔加深

(1) 当直线与曲线相连时,先画曲线后画直线。加深后的同类图线,其粗细和深浅要保持一致。加深同类线型时,要按照水平线从上到下,垂直线从左到右的顺序一次完成。

(2) 各类线型的加深顺序是:中心线、粗实线、虚线、细实线。

(3) 加深图框线、标题栏及表格,并填写其内容及说明。

### 4. 描图

为了满足生产上的需要,常常要用墨线把图样描绘在硫酸纸上,作为底图,再用来复制成蓝图。

描图的步骤与铅笔加深基本相同。但描墨线图,线条画完后要等一定的时间,墨才会干透。因此,要注意画图步骤,否则容易弄脏图面。

### 5. 注意事项

(1) 画底稿的铅笔用 H 至 3H,线条要轻而细。

(2) 加深粗实线的铅笔用 HB 或 B,加深细实线的铅笔用 H 或 2H。写字的铅笔用 H 或 HB。加深圆弧时所用的铅芯,应比加深同类型直线所用的铅芯软一号。

(3) 加深或描绘粗实线时,要以底稿线为中心线,以保证图形的准确性。

(4) 修图时,如果是用绘图墨水绘制的,应等墨线干透后,用刀片刮去需要修整的部分。



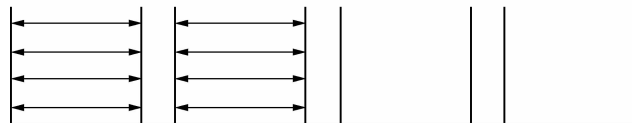
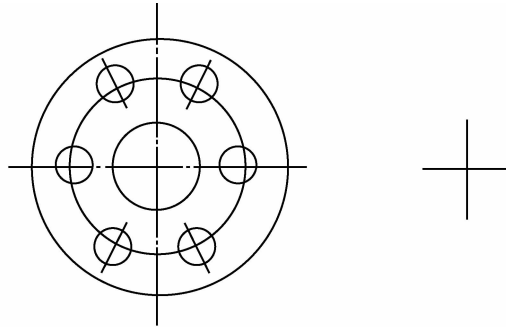
## 任务评价

学习评价表

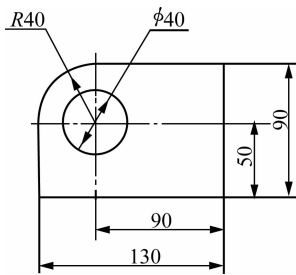
知识内容	评价标准	自我评价	同学评价	教师评价
制图的基本技能	能正确使用和维护制图工具			
	能正确说出尺寸标注的规则和方法			
	能绘制基本的几何图形			
	能绘制较复杂的平面图形			
综合评价				

 任务测评

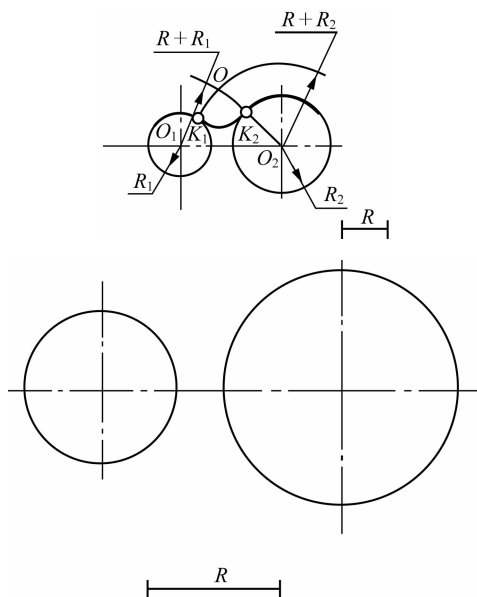
1. 将所给图线或图形抄画在右边。



2. 参照下图所示图形,按给定尺寸用 1 : 2 比例画出图形并标注尺寸。



3. 参照图例,用给定的半径  $R$  作圆弧连接。





## 模块二 正投影法及基本体的视图

正投影法的原理和方法是我们机械制图讨论物体三视图形成和投影规律的基本手段,任何物体图形都是由点、线、面基本几何元素构成,而点、线、面和基本体的投影视图是我们识读图样和绘制图样的基础知识。

### 单元一 投影法基础知识

正投影法是讨论物体三视图形成和投影规律的原理和方法,是制图课程的理论基础,是掌握物与图的转换规律,培养空间思维能力和想象能力的重要基础。

#### 任务一

#### 投影法的基本知识



##### 任务描述

正投影法是机械绘图的基础知识,在掌握正投影法时要反复强化投影规律和投影特性的认知理解。



##### 任务目标

1. 了解投影法的概念与分类。
2. 能正确理解掌握正投影法的投影特性。



## 相关知识

### 一、投影的概念

在日常生活中,我们看到在太阳光或灯光照射物体时,在地面或墙壁上出现物体的影子,这就是一种投影现象。

投影法与自然投影现象类似,就是投影线通过物体向选定的投影面投射,并在该面上得到图形的方法,用投影法得到的图形称作投影图或投影,如图 2-1 所示。

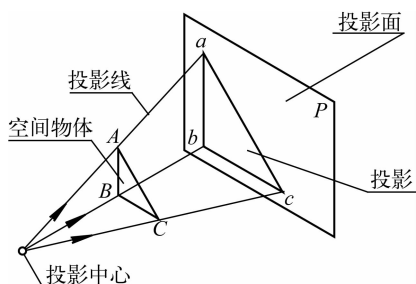


图 2-1 投影的产生

产生投影时必须具备的三个基本条件是投影线、被投影的物体和投影面。

需要注意的是,生活中的影子和工程制图中的投影是有区别的,投影必须将物体的各个组成部分的轮廓全部表示出来,而影子只能表达物体的整体轮廓,并且内部为一个整体如图 2-2 所示。

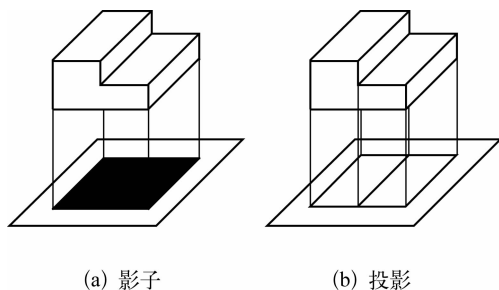


图 2-2 投影与影子的区别

### 二、投影法分类

根据投影线与投影面的相对位置的不同,投影法分为两种。

#### 1. 中心投影法

投影线从一点出发,经过空间物体,在投影面上得到投影的方法(投影中心位于有限远处),如图 2-3 所示。

缺点:中心投影不能真实地反映物体的大小和形

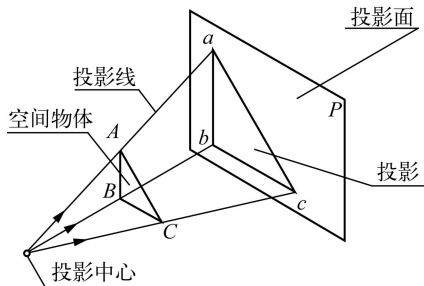


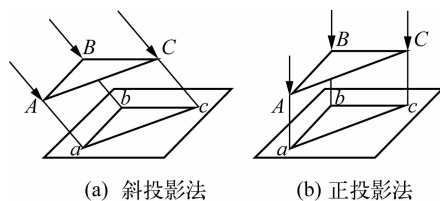
图 2-3 中心投影法

状,不适合用于绘制水利工程图样。

优点:中心投影法绘制的直观图立体感较强,适用于绘制水利工程建筑物的透视图。

## 2. 平行投影法

投影线相互平行经过空间物体,在投影面上得到投影的方法(投影中心位于无限远处),称为平行投影法。平行投影法根据投影线与投影面的角度不同,又分为正投影法和斜投影法,如图 2-4 所示。



(a) 斜投影法 (b) 正投影法



图 2-4 平行投影法

优点:正投影法能够表达物体的真实形状和大小,作图方法也较简单,所以广泛用于绘制工程图样。

在以后的学习内容中,我们所讲述的投影都是指的正投影。

## 三、投影的特性

### 1. 真实性

平行于投影面的直线段或平面图形,在该投影面上的投影反映了该直线段或者平面图形的实长或实形,这种投影特性称为真实性,如图 2-5 所示。

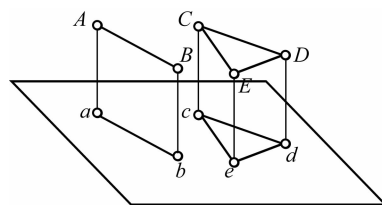


图 2-5 投影的真实性

### 2. 积聚性

垂直于投影面的直线段或平面图形,在该投影面上的投影积聚成一点或一条直线,这种投影特性称为积聚性,如图 2-6 所示。

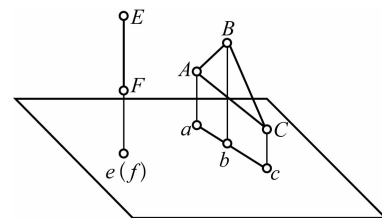


图 2-6 投影的积聚性

### 3. 类似收缩性

倾斜于投影面的直线段或平面图形,在该投影面上的投影长度变短或是一个比真实图形小,但形状相似、边数相等的图形,这种投影特性称为类似收缩性,如图 2-7 所示。

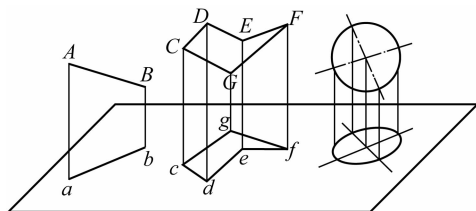


图 2-7 投影的类似收缩性

## 任务二 基本几何体的三面投影图



### 任务描述

绘制图 2-8 所示立体的三视图。

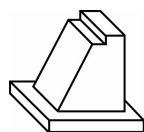


图 2-8



### 任务目标

1. 了解三视图的形成过程和展开。
2. 掌握视图与物体的位置对应关系和三视图的投影规律。
3. 掌握三视图的画法步骤。
4. 能正确绘制简单几何体的三视图。



### 相关知识

三视图是表达物体的平面图形,学习时,要理解物与图的转换规律和对应关系,确立空间概念的同时,注意积累各基本体的图开元素及识记其基本特征。如图 2-9 所示,单个投影无法全面、正确显示物体的空间形状。要正确反映物体的完整形状,通常需要三个投影,制图中称为三视图。

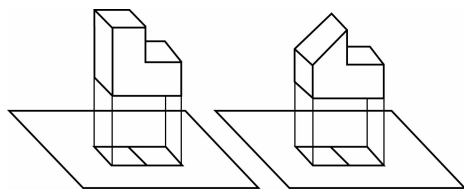


图 2-9 单一投影

### 一、三视图的形成

#### 1. 三面投影体系的建立

正立投影面简称正立面,用大写字母“V”标记;

水平投影面简称水平面,用大写字母“H”标记;

侧立投影面简称侧立面,用大写字母“W”标记。

三个投影面垂直相交,得到三条投影轴  $OX$ 、 $OY$  和  $OZ$ 。

$OX$  轴表示物体的长度; $OY$  轴表示物体的宽度; $OZ$  轴表示物体的高度。三个轴相交于原点  $O$ 。

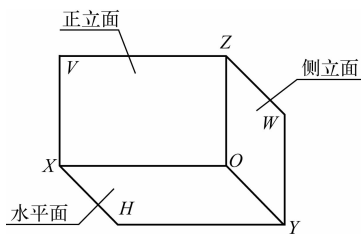


图 2-10 三面投影体系

如图 2-11(a)所示,将被投影的物体置于三投影面体系中,并尽可能使物体的几个主要表面平行或垂直于其中的一个或几个投影面(使物体的底面平行于“H”面,物体的前、后端面平行于“V”面,物体的左、右端面平行于“W”面)。保持物体的位置不变,将物体分别向三个投影面作投影,得到物体的三视图。

正视图:物体在正立面上的投影,即从前向后看物体所得的视图;

俯视图:物体在水平面上的投影,即从上向下看物体所得的视图;

左视图:物体在侧立面上的投影,即从左向右看物体所得的视图。

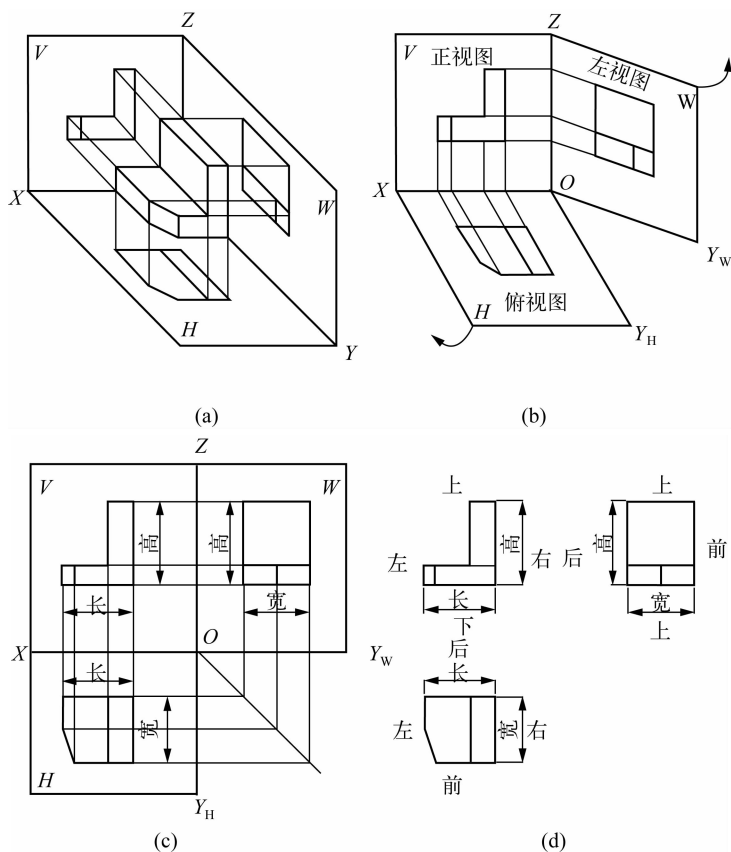


图 2-11 三视图的形成

## 2. 三面投影的展开

工程中的三视图是在平面图纸上绘制的,因此我们需要将三面投影体系展开,如图 2-11(b)所示。 $V$ 面保持不动, $H$ 面向下绕 $OX$ 轴旋转 $90^\circ$ , $W$ 面向右旋转 $90^\circ$ ,三面展成一个平面。 $OY$ 轴一分为二, $H$ 面的标记为 $Y_H$ , $W$ 面的标记为 $Y_W$ 。

## 二、三视图的规律

### 1. 视图与物体的位置对应关系

物体的空间位置分为上下、左右、前后,尺寸为长、宽、高,如图 2-11(c)所示:

正视图:反映物体的长、高尺寸和上下、左右位置;

俯视图:反映物体的长、宽尺寸和左右、前后位置;

左视图:反映物体的高、宽尺寸和前后、上下位置。

## 2. 三视图的投影规律

三视图的投影规律,是指三个视图之间的关系。从三视图的形成过程中可以看出,三视图是在物体安放位置不变的情况下,从三个不同的方向投影所得,它们共同表达一个物体,并且每两个视图中就有一个共同尺寸,所以三视图之间存在如下的度量关系:

正视图和俯视图“长对正”,即长度相等,并且左右对正;

正视图和侧视图“高平齐”,即高度相等,并且上下平齐;

俯视图和侧视图“宽相等”,即在作图中俯视图的垂直方向与侧视图的水平方向对应相等。

“长对正、高平齐、宽相等”,是三视图之间的投影规律。

如图 2-11(d)所示。这是画图和读图的根本规律,无论是物体的整体还是局部,都必须符合这个规律。

## 三、三视图的画法

### 1. 绘图步骤

以图 2-12 空间形体为例作三视图。

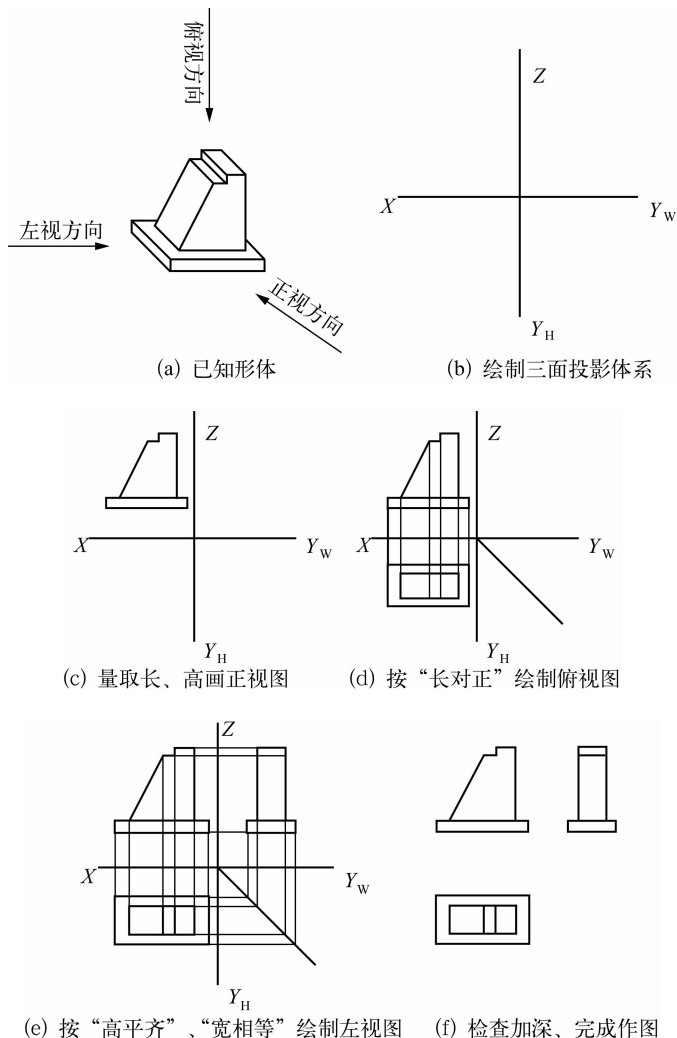


图 2-12 三视图的绘制

总结作三视图的作图步骤为：

- (1) 画展开的三面投影体系。
- (2) 根据轴测图选正视方向,先画正视图。
- (3) 据“长对正”画俯视图,在俯视图右侧  $Y_{H/O}Y_{W}$  画角平分线。
- (4) 据“高平齐、宽相等”画左视图。
- (5) 完成三视图,检查加深图线。

## 2. 绘图实例

【例 2-1】绘制如图 2-13 所示曲面立体的三视图。

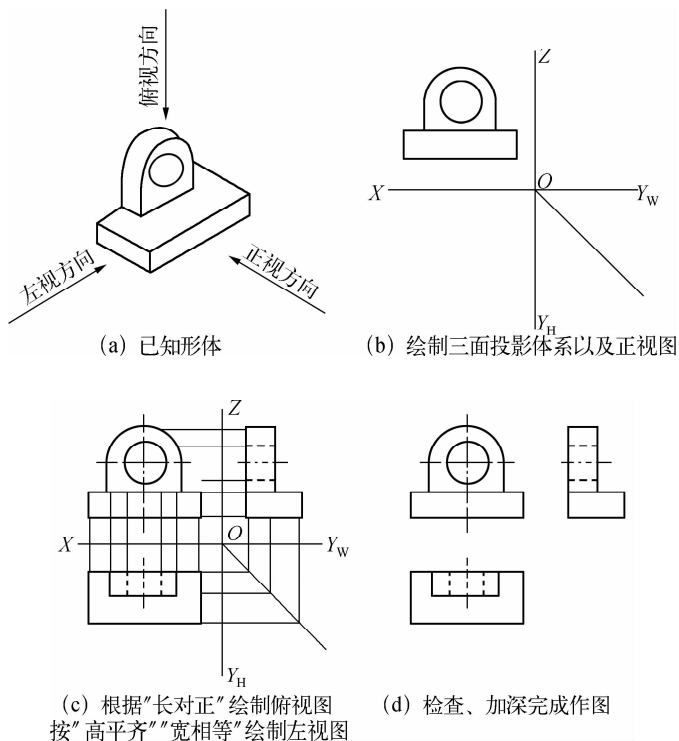


图 2-13 曲面体三视图的绘制

### 【分析】

该立体为一个组合体,在四棱柱的上方放置一个曲面组合柱,在其正中的上方挖掉一个圆柱体。空心圆柱的轮廓素线在俯视图和左视图中为不可见轮廓素线。

### 【作图步骤】

- (1) 正确放置该柱体,选择正视的投影方向。
- (2) 绘制三面投影体系以及正视图。
- (3) 根据“长对正、宽相等、高平齐”绘制其余两面投影。
- (4) 检查、加深,并且擦去投影轴及辅助线。

## 任务三 绘制点的投影



### 任务描述

点、线、面是构成物体形状的基本几何元素,学习和熟练掌握它们的投影特性和规律,能够透彻理解机械图样所表达的内容。在点、线、面这几个基本几何元素中,点是最基本、最简单的几何元素。研究点的投影,掌握其投影规律,能为正确理解和表达物体的形状打下坚实的基础。



### 任务目标

1. 掌握点的投影规律和作图方法。
2. 能根据点的空间坐标绘制其三面投影。
3. 能根据点的三面投影确定其空间位置。



### 相关知识

#### 一、点的位置和坐标

空间点的位置,可用直角坐标值来确定,一般书写形式为  $A(x, y, z)$ ,  $A$  表示空间点。

$x$  坐标表示空间点  $A$  到  $W$  面的距离;

$y$  坐标表示了空间点  $A$  到  $V$  面的距离;

$z$  坐标表示空间点  $A$  到  $H$  面的距离。

#### 二、点的三面投影

为了统一起见,规定空间点,如  $A, B, C$  等其水平投影用相应的小写字母表示,如  $a, b, c$  等;正面投影用相应的小写字母加撇表示,如  $a', b', c'$  等;侧立面投影用相应的小写字母加两撇表示,如  $a'', b'', c''$  等。

如图 2-14(a)所示,过  $A$  点分别向三个投影面上作投影线,在三个面上分别得到相应的垂足  $a', a, a''$ 。

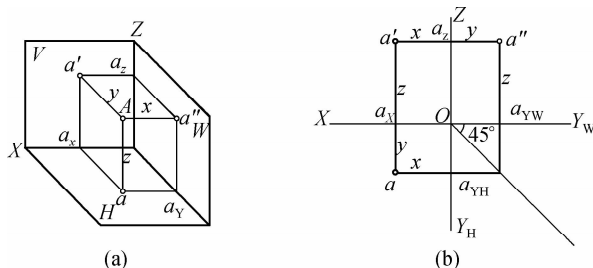


图 2-14 点的三面投影



$a'$ 称为点  $A$  的正立面投影,位置由坐标 $(x,z)$ 决定,它反应了  $A$  点到  $W$ 、 $H$  两个投影面的距离;  
 $a$ 称为点  $A$  的水平面投影,位置由坐标 $(x,y)$ 决定,它反应了点  $A$  到  $W$ 、 $V$  两个投影面的距离;  
 $a''$ 称为点  $A$  的侧立面投影,位置由坐标 $(y,z)$ 决定,它反应了点  $A$  到  $V$ 、 $H$  两个投影面的距离。

### 三、点的投影规律

按照规定,将三个投影面展平,得到点  $A$  的三面投影图,如图 2-14(b)所示。分析得出点的三面投影规律;

点的  $V$  面投影和  $H$  面投影的连线垂直于  $OX$  轴,即  $aa' \perp OX$ (长对正);

点的  $V$  面投影和  $W$  面投影的连线垂直于  $OZ$  轴,即  $a'a'' \perp OZ$ (高平齐);

点的  $H$  面投影至  $OX$  轴的距离等于点的  $W$  面投影至  $OZ$  轴的距离,即  $aa_x = a''a_z$ (宽相等)。实际作图中用  $45^\circ$ 辅助线作宽相等。

【例 2-2】如图 2-15 所示,已知点  $A$  的两个投影  $a$  和  $a'$ ,求  $a''$ 。

【分析】

由于点的两个投影反应了该点的三个坐标,可以确定点的空间位置。因而应用点的投影规律,可以根据点的任意两个投影求出第三个投影。

【作图步骤】

(1) 过  $a'$  向右作水平线,过  $O$  点画  $45^\circ$  斜线。

(2) 过  $a$  作水平线与  $45^\circ$  斜线相交,并由交点向上引铅垂线,与过  $a'$  的水平线的交点即为所求点  $a''$ 。

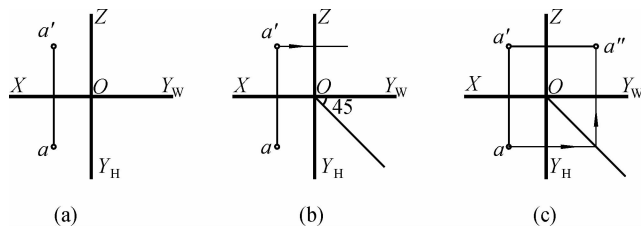


图 2-15 已知点的两投影求第三投影

### 四、两点之间的相对位置关系

分析两点的同面投影之间的坐标大小,可以判断空间两点的相对位置。 $x$  坐标值的大小可以判断两点的左右位置; $z$  坐标值的大小可以判断两点的上下位置; $y$  坐标值的大小可以判断两点的前后位置。如图 2-16 所示, $A$  点  $Z$  坐标大于  $B$  点  $Z$  坐标,所以  $A$  点在  $B$  点上方; $A$  点  $X$  坐标大于  $B$  点  $X$  坐标,所以  $A$  点在  $B$  点左方; $A$  点  $Y$  坐标小于  $B$  点  $Y$  坐标,所以  $A$  点在  $B$  点后方。

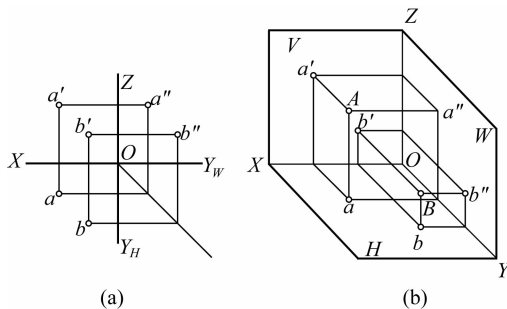


图 2-16 两点的空间位置

当空间两点位于同一投影线上,它们在该投影面上的投影重合为一点,这两点称为该投影面的重影点。如图 2-17 所示的 A、B 两点处在 H 面的同一投影线上,它们的水平投影  $a$  和  $b$  重影为一点,空间点 A、B 称为水平投影面的重影点。

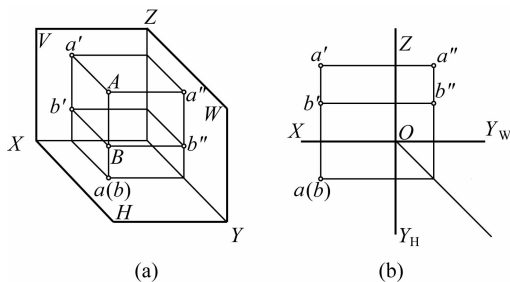


图 2-17 重影点

重影点可见性的判别,一般根据  $(x, y, z)$  三个坐标值中不相同的那个坐标值来判断,其中坐标值大的点投影可见。制图标准规定在不可见的点的投影上加圆括号。如图 2-17 所示, A 点的  $z$  坐标值大于 B 点的  $z$  坐标值,可知 A 点在 B 点上方, B 点为不可见点,其水平投影应加括号。

## 任务四 绘制直线的投影

### 任务描述

两点确定一条直线。绘制直线段的投影,可先绘制直线段两端点的投影,然后用粗实线将各同面投影连接为直线即可,如图 2-18 所示。

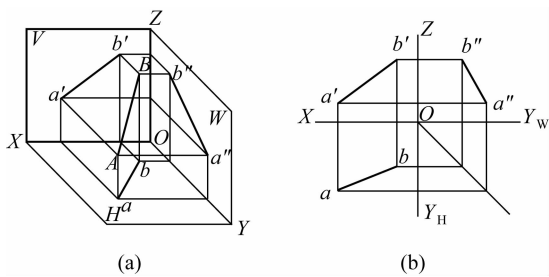


图 2-18 直线的投影

### 任务目标

1. 掌握直线的投影规律和作图方法。
2. 能根据直线的三面投影,确定其空间位置。



## 相关知识

## 一、空间各种位置直线的投影特性

在三面投影体系中,直线按所处空间位置的不同分为三类:投影面平行线、投影面垂直线、一般位置直线。

## 1. 投影面平行线

平行一个投影面,倾斜于另外两个投影面的直线称为投影面平行线。与  $H$  面平行的直线称为水平线,与  $V$  面平行的直线称为正平线,与  $W$  面平行的直线称为侧平线。它们的投影及投影特性见表 2-1。规定直线与  $H$ 、 $V$ 、 $W$  面的夹角分别用  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  表示。

表 2-1 投影面平行线

	正平线	水平线	侧平线
物表面上的线			
直观图			
投影图			
投影特性	① $ab // OX, a''b'' // OZ$ ② $a'b' = AB$	① $a'c' // OX, a''c'' // OY_w$ ② $ac = AC$	① $b'c' // OZ, a'd'' // OY_H$ ② $b''c'' = BC$

投影面平行线的投影共性为:直线在所平行的投影面上的投影为一斜线,反映实长,并反映直线与其他两投影面的倾角。其余两投影小于实长,且平行相应两投影轴。

## 2. 投影面垂直线

与投影面垂直的直线称为投影面垂直线,它与一个投影面垂直,与另外两个投影面平行。与  $H$  面垂直的直线称为铅垂线、与  $V$  面垂直的直线称为正垂线、与  $W$  面垂直的直线称为侧垂线。它们的投影及特性见表 2-2。

表 2-2 投影面垂直线

	铅垂面	正垂面	侧垂面
物表面上的线			
直观图			
投影图			
投影特性	① H 面投影有积聚性 ② V、W 面投影为类似形	① V 面投影有积聚性 ② H、W 面投影为类似形	① W 面投影有积聚性 ② H、V 面投影为类似形

投影面垂直线的投影共性为：直线在所垂直的投影面上的投影积聚为一点，其他两投影反映实长，且垂直于相应的两投影轴。

### 3. 一般位置直线

一般位置直线与三个投影面都倾斜，因此在三个投影面上的投影都不反映实长，投影与投影轴之间的夹角也不反映直线与投影面之间的夹角。如图 2-19 所示。

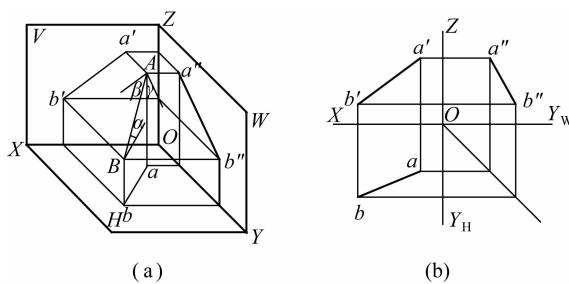
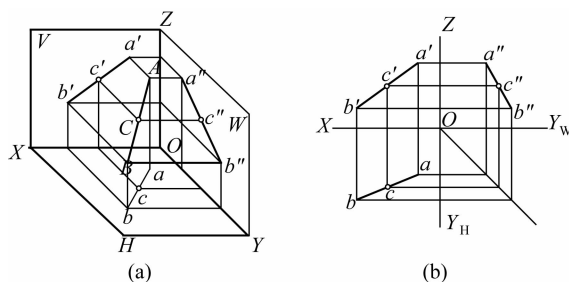



图 2-19 一般位置直线

## 二、直线上点的投影特性

### 1. 从属性

直线上点的投影必在该直线的同面投影上，该特性称为点的从属性。如图 2-20 所示，C 点在直线 AB 上，根据点在直线上投影的从属性和点的三面投影规律，可知 C 点的三面投影  $c$ 、 $c'$ 、 $c''$  分别在直线的同面投影  $ab$ 、 $a'b'$ 、 $a''b''$  上，并且三面投影符合点的投影规律。


 扫一扫  图 2-20 点的从属性

## 2. 定比性

直线上的点分割直线之比,投影后保持不变,这个特性称为定比性,如图 2-21 所示。

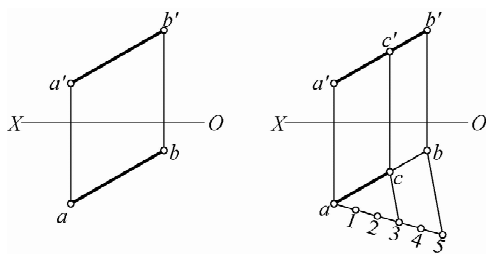
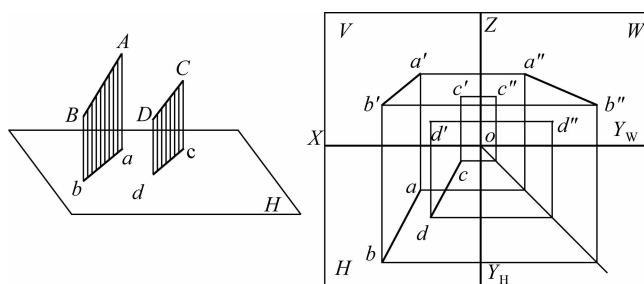



图 2-21 定比性

## 三、两直线的相对位置

### 1. 两直线平行

空间中的两条直线如果平行,则它们的同面投影都平行。如果两直线有一个投影面上的投影不平行,则空间中的两直线不是平行关系,如图 2-22 所示。


 扫一扫  图 2-22 两直线平行

### 2. 两直线相交

空间中的两条直线如果相交,则它们的同面投影都相交,并且交点符合点的投影规律。如果两直线有一个投影面的投影不相交,则空间的两直线不是相交关系,如图 2-23 所示。

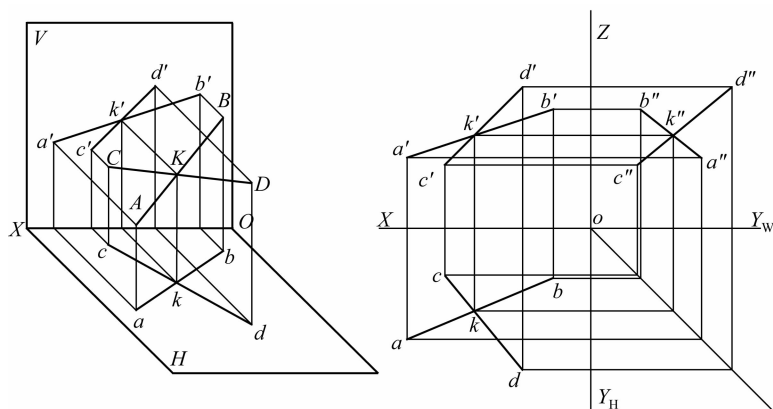
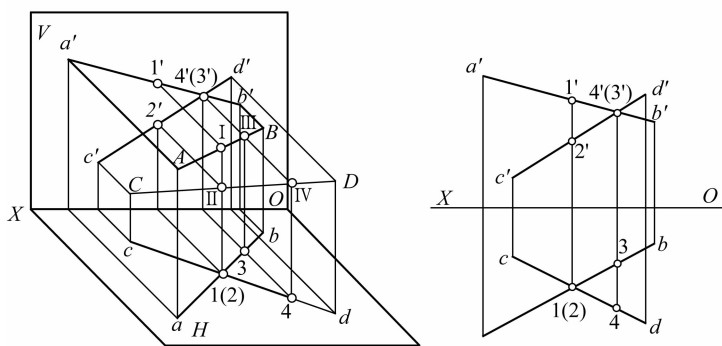



图 2-23 两直线相交

### 3. 两直线交叉

空间中两条直线如果交叉,则它们的同面投影既不相交又不平行,如图 2-24 所示。



扫一扫  图 2-24 两直线交叉

## 任务五 绘制平面的投影



### 任务描述

平面的投影是由其轮廓线投影所组成的图形。因此,求作平面的投影时,可根据平面的几何形状特点及其对投影面的相对位置,找出能够决定平面的形状、大小、和位置的一系列点来,然后,求出这些点的三面投影并连接这些点的同面投影,即得到平面的三面投影。在求作多边形平面的投影时,可先求出它的各直线端点的投影,然后,连接各直线端点的同面投影,即可得到多边形平面的三面投影。



### 任务目标

1. 掌握平面的表示方法、投影规律和作图方法。
2. 能绘制平面和平面上点的三面投影。



### 相关知识

## 一、平面的表示法

平面的几何元素投影表示法包括：

- (1) 不在同一直线上的三个点,如图 2-25(a)所示。
- (2) 直线和直线外一点,如图 2-25(b)所示。
- (3) 两条相交直线,如图 2-25(c)所示。
- (4) 两条平行直线,如图 2-25(d)所示。
- (5) 任意平面图形,如图 2-25(e)所示。

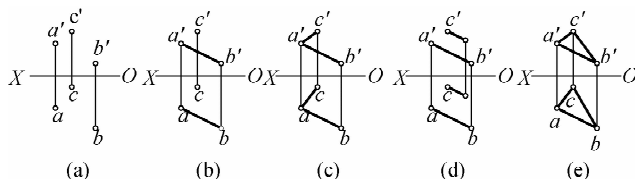


图 2-25 平面的表示

## 二、空间各种位置平面的投影特性

平面与投影面的相对位置可分为三种:投影面的平行面、投影面的垂直面和一般位置平面。

### 1. 投影面平行面

平行于一个投影面的平面,称为投影面的平行面。投影面的平行面有三种情况:与  $V$  面平行的平面成为正平面;与  $H$  面平行的平面称为水平面;与  $W$  面平行的平面称为侧平面。它们的空间位置、投影图和投影特性见表 2-3。



表 2-3 投影面平行面的投影特性

	正平面	水平面	侧平面
物体上的平面			

续表

	正平面	水平面	侧平面
直观图			
投影图			
投影特性	① V面投影反映真形 ② H、W面投影积聚为一直线,且分别平行于OX、OZ	① H面投影反映真形 ② V、W面投影有积聚性,且平行于OX、OY <sub>w</sub>	① W面投影反映真形 ② H、V面投影有积聚性,且分别平行于OY <sub>w</sub> 、OZ

投影面平行面的投影共性:平面在所平行的投影面上的投影反映真实形体,其他两面投影都积聚成与相应投影轴平行的直线。

### 2. 投影面垂直面

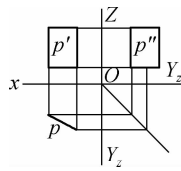
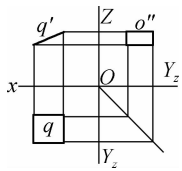
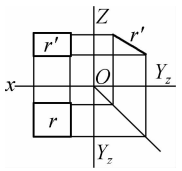
垂直于一个投影面,倾斜于其他两投影面的平面成为投影面的垂直面。投影面的垂直面有三种情况:与H面垂直的平面称为铅垂面,与V面垂直的平面称为正垂面,与W面垂直的平面称为侧垂面。它们的空间位置、投影图与投影特性见表2-4。

表 2-4 投影面垂直面的投影特性

	铅垂面	正垂面	侧垂面
物体上的平面			
直观图			



续 表

	铅垂面	正垂面	侧垂面
投影图			
投影特性	① H 面投影有积聚性 ② V、W 面投影为类似形	① V 面投影有积聚性 ② H、W 面投影为类似形	① W 面投影有积聚性 ② H、V 面投影为类似形

投影面垂直面的投影共性为：平面在所垂直的投影面上的投影积聚为直线，其他两面投影为类似形。

### 3. 一般位置平面

一般位置平面与三个投影面都倾斜，如图 2-26 所示。因此在三个投影面上的投影都不反映实形，而是缩小的类似形。

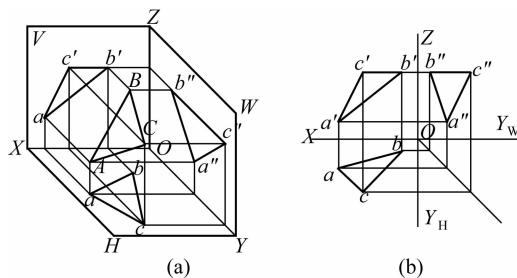


图 2-26 一般位置平面

## 三、平面上的点和直线

### 1. 平面内的点

点在平面内的几何条件是：点在平面内，则该点必在平面的某一直线上。

在平面内取点，当点所处的平面投影具有积聚性时，可利用积聚性直接求出点的各面投影；当点所处的平面为一般位置平面时，应先在平面上作一条辅助直线，然后利用辅助直线的投影求得点的投影。

【例 2-3】如图 2-27 所示，K 点在  $\triangle ABC$  所确定的平面内，已知  $K'$ ，求 K 点的投影。

【分析】既然 K 点在  $\triangle ABC$  所确定的平面内，则 K 点必在该平面内的一条直线上，该直线的正面投影必通过  $K'$  点，所以 K 点必在该直线的水平投影上。

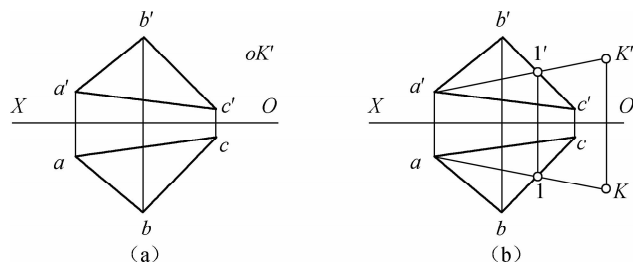


图 2-27 求平面内点的投影

#### 【作图步骤】

- 如图(b)所示，连  $a'k'$  交  $b'c'$  为  $1'$ ，由  $1'$  作 X 轴垂线与水平投影  $bc$  交于 1 点，连接  $a$  并延长。
- 由  $k'$  作 X 轴垂线与水平投影  $a$  的延长线交于 K 点，该点即为平面内 K 点的水平投影。

### 四、平面内的直线

直线在平面内的几何条件是:直线在平面上,则必通过该平面上的两点,或者通过平面内的一点且平行于平面上的已知直线,如图 2-28 所示。

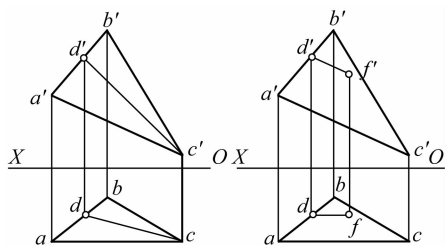


图 2-28 平面内的直线

### 五、平面内的投影面平行线

平面内的投影面平行线有三种:平面内平行于  $H$  面的直线称为平面内的水平线;平行于  $V$  面的直线称为平面内的正平线;平行于  $W$  面的直线称为平面内的侧平线。

平面内的投影面平行线,既符合直线在平面内的几何条件,又具有前述投影面平行线的一切特性。

如图 2-29(a)所示,  $\triangle ABC$  内的直线  $AD \parallel H$  面,所以  $AD$  是  $\triangle ABC$  内的水平线,在投影图中  $a'd' \parallel OX$  轴,  $ad$  反映实长。

图 2-29 中,  $\triangle ABC$  平面内的直线  $BE \parallel V$  面,所以  $BE$  是  $\triangle ABC$  内的正平线。在投影图中  $be \parallel OX, b'e'$  反映实长。

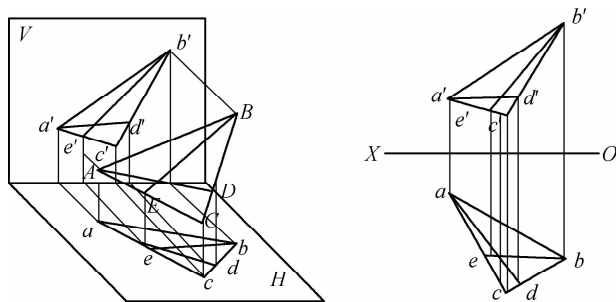


图 2-29 平面内的投影面平行线



### 任务评价

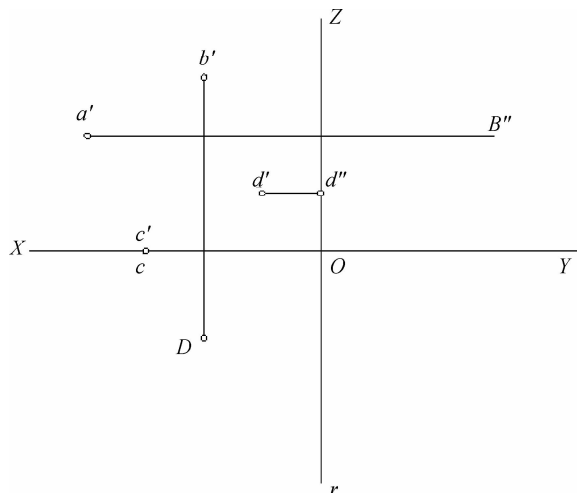
#### 学习评价表

知识内容	评价标准	自我评价	同学评价	教师评价
投影法基础知识	能说出正投影法投影特性			
	能绘制基本几何体的三面投影图			
	能绘制点的三面投影			
	能绘制直线的三面投影			
	能绘制平面的三面投影			
综合评价				



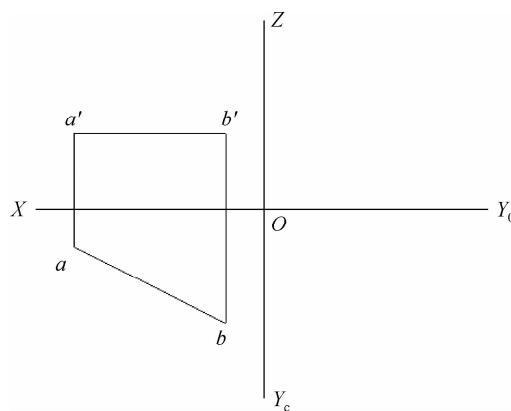
任务测评

1. 已知 A、B、C、D 两点的两个投影,求作第三投影。

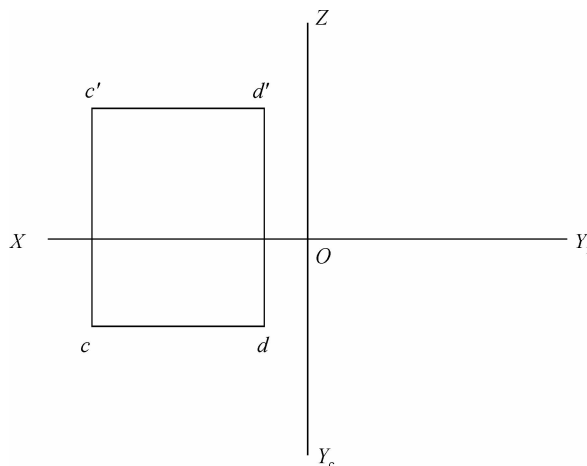


2. 求出直线的第三投影,并判断各直线对投影面的相对位置。

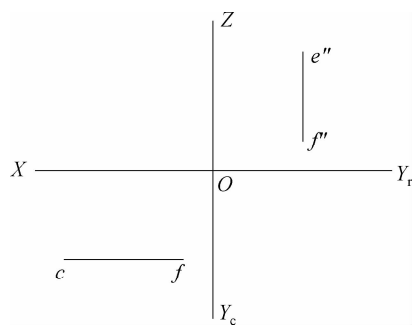
(1) AB 是 \_\_\_\_\_ 线。



(2) CD 是 \_\_\_\_\_ 线。



(3)  $EF$  是\_\_\_\_\_线。



3. 已知点  $K$  在平面三角形  $ABC$  内, 试完成三面投影。

